



Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Carlos Soria Eizmendi

**Titulació:** Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**Títol de Treball Final de Grau:** Disseny i Construcció d'un Prototip de Taula Carregadora Sense Fils

**Director/a:** Marcel Tresanchez Ribes

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2021



# I Agraïments

Abans d'entrar en detall amb l'explicació del projecte, m'agradaria agrair a totes aquelles persones que han fet possible la seva realització.

En concret a Marcel Tresanchez Ribes, tutor del projecte i un dels pilars fonamentals en la seva realització. Oferint un tracte proper i professional en tot moment amb un gran nivell de compromís.

També, agrair a l'empresa VITRAL i al fuster Jose Luis per la seva professionalitat i paciència en algunes etapes de l'elaboració d'aquest projecte.

Per últim, i no menys important, agrair a la meua família el sacrifici i suport ofert durant el transcurs d'aquesta etapa acadèmica.

## II Abstrac

A l'agost del 2019 em trobava viatjant per l'estat d'Oregó. Vaig entrar a una cafeteria amb la idea de prendre alguna cosa i aprofitar per a comprar els bitllets de tornada cap a casa. Al seure, vaig adonar-me'n que no quedaven endolls on carregar l'ordinador i a mi no em quedava bateria.

Aquell dia no vaig poder comprar els bitllets, em vaig veure el cafè i vaig marxar cap a l'apartament, però si que se'm va ocórrer una idea.

Era simple, una taula on al deixar qualsevol dispositiu electrònic es carregues. Independentment de la seva posició en aquesta, simplement deixar-lo i que carregui.

No haver de preocupar-te de portar el carregador, no haver d'estar buscant la taula dels endolls lliures a la biblioteca, poder treballar en una taula sense cap cable que molesti. Personalment em semblava bona.

I encara m'ho sembla, es per això que l'objectiu principal d'aquest treball serà el disseny i construcció d'un prototip de taula funcional que permeti la càrrega de dispositiu electrònics sense fils i en tota la seva superfície.

# Índex de continguts

I Agraïments .....	3
II Abstrac.....	4
1.-Resum .....	10
2.-Introducció .....	11
2.1.-Contextualització del projecte .....	11
2.2.-Definició de la idea.....	12
2.2.1.-Base del projecte. ....	12
2.2.2.-Material necessari.....	16
2.3.-Situació actual del mercat.....	17
2.3.1.-Dispositius amb temàtiques similars .....	17
2.3.2.-Conclusió situació del mercat actual. ....	18
3.-Objectius. ....	19
3.1.-ETAPA I: Preparació.....	19
3.2.-ETAPA II: Testejar l'electrònica. ....	19
3.3.-ETAPA III: Disseny de la taula i dels seus components .....	19
3.4.-ETAPA IV: Desenvolupar el codi de programa. ....	20
4.-Desenvolupament del prototip.....	21
4.1.-ETAPA I. ....	21
4.1.1.-Definició d'objectiu principal del prototip.....	21
4.1.2.-Base del prototip.....	21
4.1.3.-Funcionament general. ....	21
4.1.4.-Material necessari.....	21
4.1.5.-Elecció dels components electrònics. ....	22
4.1.6.-Marc teòric carrega sense fils. ....	23
4.1.7.-Cerca de la bobina.....	25
4.1.8.-Planificació temporal del projecte. ....	25
4.1.9.-Possibles millores i funcions addicionals. ....	26
4.2.-ETAPA II. ....	27
4.2.1.-Components electrònics. ....	27
4.3.-Etapla III. ....	44
4.3.1.-Primera part.....	44
4.3.2.-Segona part.....	53
4.5.-Etapla IV. Desenvolupar el programa. ....	59
4.5.1.-Funcions bàsiques del programa. ....	59

4.5.2.-Funció cerca del dispositiu.....	59
4.5.3.-Funció càrrega del dispositiu. ....	62
4.5.4.-Funció fi de càrrega dispositiu. ....	62
4.5.5.-Connexions realitzades. ....	63
4.5.6.-Alimentació-Control del motor.....	63
4.5.7.-Alimentació-Adquisició de dades de les bobines.....	64
4.5.8.-Sensor final de carrera. ....	64
4.5.9.-Llistat de connexions del microcontrolador. ....	64
5.-Resultats.....	65
5.1.-Prova detecció de dispositiu. ....	65
5.2.-Prova detecció retirada dispositiu. ....	65
5.3.-Temps de detecció de dispositiu.....	66
6.-Pressupost prototip. ....	67
6.1.-Cost prototip. ....	67
6.2.-Cost taula. ....	67
6.3.-Possibles millores econòmiques posteriors.....	68
7.-Observacions.....	69
7.1.-Taula per a x nombre persones. ....	69
7.2.-Taula amb zones de càrrega definides.....	69
8.-Conclusions .....	70
9.-Referències. ....	71
9.1.-Bibliografia. ....	71
9.2.-Web grafia.....	71
9.3.-Pàgines Web. ....	71
10.-Annex .....	73
10.1.-Data sheet dels components seleccionats.....	73
10.2.-Codis implementats. ....	73
10.3.-Annex pressupost.....	78

# Índex de taules.

Taula 1. Característiques generals. ....	12
Taula 2. Material necessari .....	16
Taula 3. Característiques generals XIAOMI Wireless Charger Pad.....	17
Taula 4. Característiques generals LIBERTY Wireless Charger Glass.....	18
Taula 5. Característiques prototip.....	21
Taula 6. Material necessari. ....	21
Taula 7. Components seleccionat. ....	22
Taula 8. Estàndards de càrrega sense fils.....	24
Taula 9. Característiques generals de les opcions de carregadors sense fils.....	25
Taula 10. Planificació temporal del projecte.....	25
Taula 11. Característiques principals TMC2100. ....	27
Taula 12. Característiques principals carregador 1 .....	32
Taula 13. Característiques generals carregador 2.....	33
Taula 14. Característiques generals carregador 3.....	34
Taula 15. Característiques principals carregador 4.....	35
Taula 16. Característiques principals INA-219 .....	39
Taula 17. Resum resultats teòrics i del INA-219 en funció de la resistència.....	40
Taula 18. Llistat components necessaris.....	45
Taula 19. Material mecànic necessari per al mòdul.....	54
Taula 20. Resum connexions microcontrolador.....	64
Taula 21. Resum temps de detecció. ....	66
Taula 22. Cost prototip.....	67
Taula 23. Cost taula.....	67

# Índex de figures.

Fig. 1. Esquema general de les 3 línies de la taula. ....	12
Fig. 2. Esquema bàsic de funcionament.....	13
Fig. 3. Disseny basic taula, planta alçat i perfil.....	14
Fig. 4. Definició zones taula.....	14
Fig. 5. Diagrama de blocs, comportament de la taula. ....	15
Fig. 8. Fotografies LIBRETY Wireless Charger Glass.....	18
Fig. 9. Representació càrrega sense fils. ....	23
Fig. 10. PIN OUT i fotografia del TMC2100.....	28
Fig. 11. Característiques principals i PIN OUT Arduino Due. ....	28
Fig. 12. Característiques principals del NEMA 17 Stepper motor. ....	29
Fig. 13. Connexions de la prova.....	30
Fig. 14. Fotografia del muntatge real de la prova. ....	30
Fig. 15. Característiques principals del interruptor de contacte SS-5GL.....	31
Fig. 16. Dimensions i fotografia carregador 1 .....	32
Fig. 17. Resultats consum de corrent carregador 1 .....	32
Fig. 18. Dimensions i fotografia carregador 1 .....	33
Fig. 19. Dimensions i fotografia carregador 3. ....	34
Fig. 20. Resultats consum de corrent carregador 2 .....	34
Fig. 21. Consum de corrent en el temps carregador 3 .....	34
Fig. 22. Fotografia i dimensions carregador 4.....	35
Fig. 25. Fotografies resultat final carregador 4. ....	36
Fig. 26. Consum de corrent sense carregar conjunt de bobines juntes 1.....	37
Fig. 27. Consum de corrent sense carregar conjunt de bobines juntes 2.....	37
Fig. 28. Consum de corrent carregant conjunt de bobines juntes 1.....	37
Fig. 29. Consum de corrent carregant conjunt de bobines juntes 2.....	38
Fig. 30. Esquema funcionament intern INA-219. ....	39
Fig. 31. Fotografia i amidaments INA-219 (Amidaments en polsades).....	40
Fig. 32. Esquema sistema muntat i fotografia del muntatge real. ....	40
Fig. 33. Càrrega de dispositiu al 95%.....	42
Fig. 34. Càrrega dispositiu al 70%.....	42
Fig. 35. Càrrega de dispositiu al 50%.....	42
Fig. 36. Càrrega dispositiu al 30%.....	43
Fig. 37. Esquema dimensions de la taula. ....	44
Fig. 38. Vista general estructura 3D de la taula. ....	44
Fig. 39. Estructura 3D de la taula. ....	44
Fig. 40. Model 3D microcontrolador. ....	45
Fig. 41. Model 3D motor pas a pas.....	45
Fig. 42. Característiques principals guia pati.....	46
Fig. 43. Model 3D guia pati. ....	46
Fig. 44. Acotació tensor corretja. ....	47
Fig. 45. Model 3D tensor corretja. ....	47
Fig. 46. Acotació peça superior motor tensor corretja. ....	48
Fig. 47. Model 3D peça superior motor tensor corretja. ....	48
Fig. 48. Acotació peça tapa superior motor .....	49
Fig. 49. Model 3D peça tapa superior motor. ....	49
Fig. 50. Acotació suport carregador part superior .....	50



Fig. 51. Model 3D suport carregador part superior .....	50
Fig. 52. Acotació suport carregador part inferior.....	51
Fig. 53. Model 3D suport carregador part inferior.....	51
Fig. 54. Acotació peça pati superior. ....	52
Fig. 55. Model 3D peça pati superior .....	52
Fig. 56. Imatges resultat final disseny 3D de la taula. ....	53
Fig. 57. Esquema acotat del mòdul. ....	54
Fig. 58. Resultat en fotografies de les peces. ....	55
Fig. 59. Fotografia muntatge prototip.....	55
Fig. 60. Esquema acotat parets de mòdul Totes les acotacions en cm.....	56
Fig. 61. Fotografies muntatge mòdul. ....	56
Fig. 62. Diagrama comportament prototip. ....	59
Fig. 63. Part de codi implementat 1. ....	60
Fig. 64. Part de codi implementat 2. ....	60
Fig. 65. Part codi implementat 3. ....	62
Fig. 66. Connexions realitzades. ....	63
Fig. 67. Resultat final detecció dispositiu.....	65
Fig. 68. Resultat final detecció retirada dispositiu. ....	65
Fig. 69. Gràfic preu prototip. ....	68
Fig. 70. Gràfic preu taula. ....	68

# 1.-Resum

En aquest projecte es vol dissenyar i construir una taula intel·ligent que detecti i carregui sense fils els dispositius electrònics dipositats en tota la seva superfície. Utilitzant el estàndard de carrega sense fils Qi. La idea principal es que la taula sigui capaç de carregar tots els dispositius que es van dipositant en qualsevol lloc de la seva superfície. Aquest projecte es centrarà principalment en dos aspectes a superar:

- Trobar la localització dels dispositiu a carregar.
- Moviment mecànic del carregador per a dipositar-lo sota el dispositiu a carregar.

En este proyecto se quiere construir y diseñar una mesa inteligente que detecte y cargue automáticamente e inalámbricamente todos los dispositivos electrónicos depositados en su superficie. La idea principal es que la mesa sea capaz de cargar todos los dispositivos que se van depositando en cualquier lugar de su superficie. Este proyecto se centrará principalmente en superar los siguientes aspectos:

- Localizar los dispositivos a cargar.
- Movimiento mecánico del cargador para posicionarlo debajo de los dispositivos a cargar.

The main objective of this project is the design and construction of an intelligent table that detects and wirelessly charge all the electronic devices laying on it. Using Qi wireless charging standard technology. The main goal is making a table capable of charging all the electronic devices simultaneously and laying anywhere in the table. This project would basically focus in overcoming these two aspects:

- Finding the location of the devices to charge.
- Mechanical movement of the charger for placing them under the wireless rechargeable electronic device.

## 2.-Introducció

### 2.1.-Contextualització del projecte

Sortir de casa sense un carregador per al telèfon s'ha convertit en un esport de risc per un de cada cinc espanyols. Això es el que es desprèn d'un estudi elaborat per l'empresa de tecnologia Huawei, que assegura que el 20% d'usuaris carreguen el seu telèfon intel·ligent tres vegades, o mes, al dia.

A casi una quarta part de la població de la península l'hi fa falta autonomia en la bateria del seu telèfon. Això, per a mes de la meitat dels participants (un 55%), implica entrar en un estat de tensió per no poder realitzar una trucada d'emergència o enviar un missatge d'importància en el cas que fos necessari.

Amb aquestes dades, no es cap sorpresa que el 51,6% de les persones no surtin de casa sense un carregador o una bateria externa.

Tota aquesta informació fa visible un problema latent en la societat, la falta de bateria en els dispositiu electrònics i en conseqüència la necessitat dels usuaris de transportar carregadors.

Amb la idea d'acabar amb aquest problema, es vol dissenyar una taula que, suposant que establiments disposessin d'ella, permetés als usuaris sortir de casa sense cap carregador, ja que podrien carregar els seus dispositius a cada lloc que anessin. O vist des d'un punt de vista comercial, un establiment amb aquesta tecnologia podria suposar una millora en el seu servei, on els clients probablement valorarien de forma positiva a l'hora d'elegir establiment.

## 2.2.-Definició de la idea.

### 2.2.1.-Base del projecte.

Disseny i construcció de la taula amb les següents característiques:

Amidaments	90cm x 65cm
Nombre de persones	2
Nombre màxim de dispositius carregant simultàniament	3
Funció detecció de telèfon	No

*Taula 1. Característiques generals.*

La taula esta pensada per a dos persones, per això els amidaments seran de 90cm de llarg i 65cm d'ample. Integrarà 3 bobines independents que permetran la càrrega de 3 dispositius simultàniament. La taula no tindrà cap funció de detecció de la posició del telèfon, es per això que només coneixerà la posició del telèfon quan l'estigui carregant, en totes les altres situacions, l'estarà buscant o estarà parada esperant a que algun usuari s'apropi.

#### 2.2.1.1.-Funcionament general.

Existiran 3 línies independents, com es mostra a la figura 1 de color blau. Sobre aquestes línies es mouran les bobines mitjançant un sistema de guiatge guia, corretja i motor. Es tracta doncs d'un sistema amb un sol grau de moviment (d'ara en endavant eix y).



*Fig. 1. Esquema general de les 3 línies de la taula.*

Tots els eixos "y" funcionen de la mateixa manera, per tant s'explicarà únicament el funcionament d'un d'ells.

Aquest sistema de moviment s'activarà només quan detecti que algú esta utilitzant la taula i desplaçarà la bobina a una velocitat suficientment baixa per a que si pel camí, detecta que el seu camp electromagnètic esta utilitzat per algun dispositiu, es pari.

Al parar-se en el dispositiu, la bobina crearà un camp electromagnètic que rebrà el dispositiu i carregarà la bateria.

En el cas que no detecti cap dispositiu, ja sigui perquè esta totalment carregat o perquè no existeixi cap dispositiu dipositat damunt de la taula, la bobina tornarà a la seva posició inicial i s'esperarà un temps determinat fins a tornar a fer una cerca.

Així doncs, el projecte es pot dividir en 3 parts diferents però a l'hora molt relacionades entre elles.

1. Part electrònica de la taula.
2. Part mecànica de la taula.
3. Codi/comportament de la taula.

#### 2.2.1.2.-Funcionament de la part electrònica.

La part electrònica serà l'encarregada de realitzar les següents funcions:

1. Detecció d'usuaris utilitzant la taula.
2. Moviment de les bobines sota la taula.
3. Càrrega dels dispositius.

La detecció d'usuaris es farà mitjançant un botó mecànic, si algú vol utilitzar la taula haurà de prémer el botó i aquesta es ficarà en funcionament.

Pel que fa al moviment de la bobina, es treballarà, com ja s'ha mencionat prèviament, amb un sol eix de moviment "y". Hi haurà una guia metàl·lica que transportarà una peça impresa amb plàstic on damunt estarà la bobina i la seva electrònica. Aquesta peça serà moguda mitjançant un motor pas a pas que mourà un mecanisme corretja-guia.

Tot aquest sistema estarà controlat per un microprocessador. La seva funció serà controlar el motor depenent de la senyal del sensor d'intensitat.

La funció del sensor d'intensitat serà determinar si el camp electromagnètic generat per la bobina esta sent rebut per algun dispositiu, en aquest cas, l'intestat augmentarà i el sensor ho detectarà, a l'hora ho enviarà al microprocessador i aquest decidirà que fer.

Entre el microprocessador i el motor hi haurà connectat un controlador o *driver* que a l'hora estarà connectat a una font d'alimentació i que augmentarà la intensitat de la corrent que surt del microprocessador per així poder moure el motor.

A continuació es mostra un esquema del sistema.

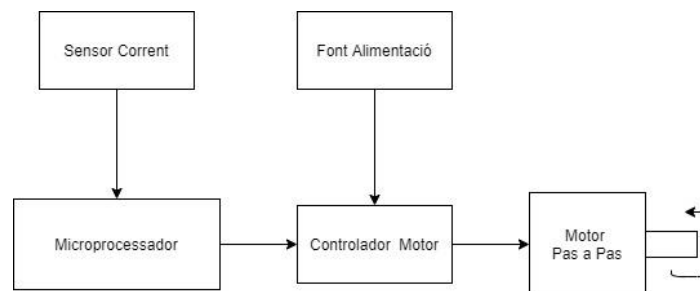


Fig. 2. Esquema bàsic de funcionament

### 2.2.1.3.-Part mecànica

La taula estarà dissenyada per a dos persones, es per això que s'ha decidit fer amb els següents amidaments,

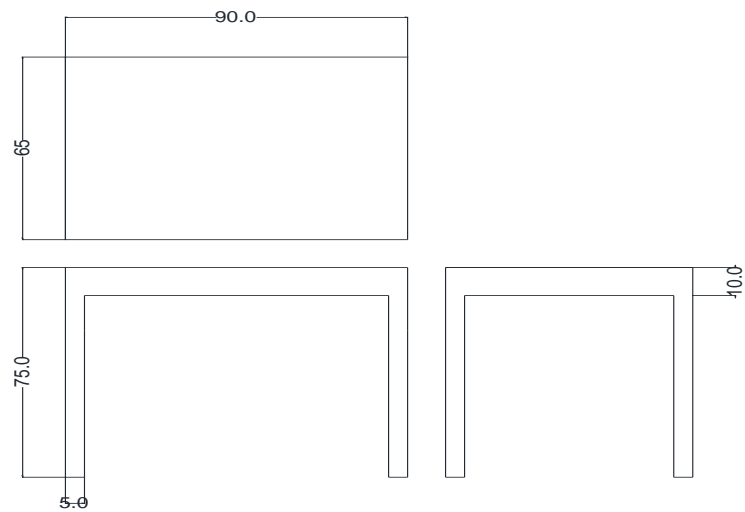


Fig. 3. Disseny basic taula, planta alçat i perfil.

continuació es mostra un disseny general de la taula amb les seves corresponents zones,

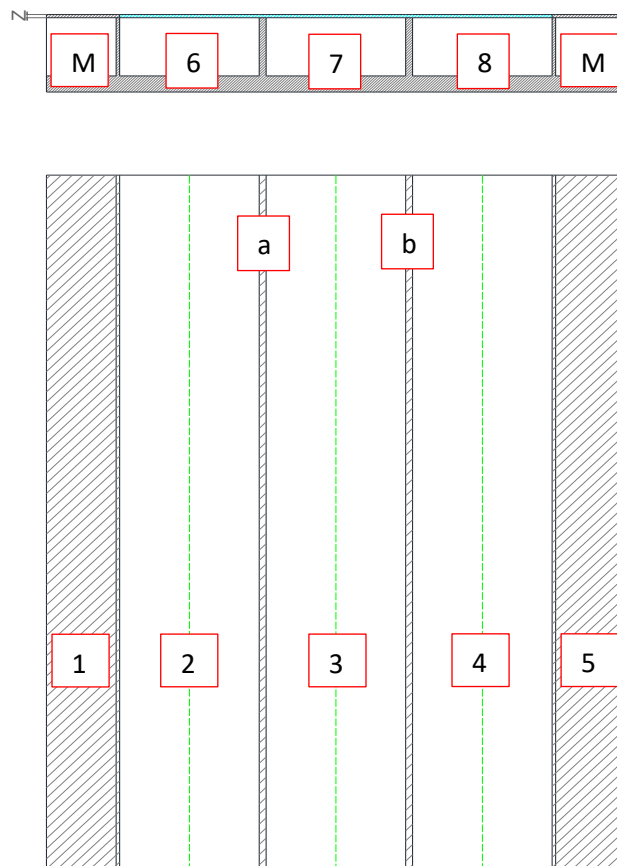


Fig. 4. Definició zones taula.

**Zones 1 i 5:** Fetes de fusta, no permetran la carrega sense fils en la seva superfície. La seva funció es emmagatzemar tota l'electrònica de control del motor i permetre la refrigeració d'aquesta.

**Zones a i b:** Fetes de fusta, punts de recolzament per als vidres.

**Zones 2, 3 i 4:** Fetes de vidre, permetran la carrega de dispositius en tota la seva superfície. Es pot observar també en la figura 4, les línies de color verd on estaran situades les guies per al moviment dels carregadors anomenades d'ara en endavant línies de càrrega.

**Zona M:** Es tracta del gruixut del vidre. Mes endavant, es farà un estudi per esbrinar quin es el gruixut òptim per a que la taula sigui suficientment resistent i a l'hora permeti el pas del camp electromagnètic generat per les bobines.

#### 2.2.1.4.-Comportament de la taula: Programació preliminar del comportament de la taula.

Com es pot veure en la figura 5, en aquest prototip inicial, la programació del comportament de la taula serà bastant simple. En primer lloc, la taula haurà de detectar que algú la esta utilitzant, això, com ja s'ha mencionat abans, es farà mitjançant un botó, que l'usuari premerà quan vulgui utilitzar-la. En aquest moment, totes les bobines faran un escombreig inicial de la zona. Si pel camí el sensor de corrent detecta que el camp electromagnètic de la bobina esta sent detectat (implicarà un augment de corrent) la bobina es detindrà. Estarà en aquesta situació fins a que el dispositiu estigui totalment carregat (implicarà una disminució important de corrent) que llavors continuarà amb la cerca de mes dispositius. En el cas que no trobes cap dispositiu en l'escombreig inicial, es seguiria buscant un dispositiu, depenent de les directrius temporals que mes endavant s'explicaran.

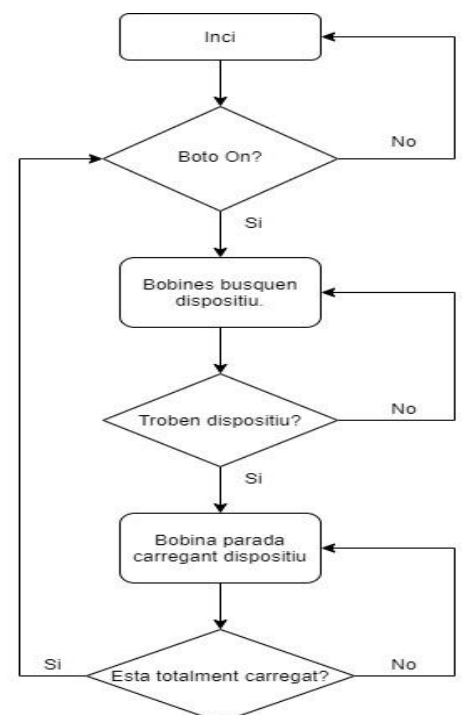


Fig. 5. Diagrama de blocs, comportament de la taula.

### 2.2.2.-Material necessari

Així doncs, un cop esmentat el funcionament general del prototip a construir, es pot fer un llistat de material necessari per a la construcció d'aquest.

Pel que fa als components electrònics necessaris,

<b>Component</b>	<b>Quantitat per línia</b>	<b>Quantitat total</b>
Motor pas a pas	1	3
Controlador motor	1	3
Microprocessador	-	1
Guia	1	3
Carregador sense fils	1	3
Corretja	1	3
Peça suport bobina	1	3
Sensor de corrent	1	3

*Taula 2. Material necessari*



## 2.3.-Situació actual del mercat.

S'ha realitzat una cerca per analitzar si ja existeix algun dispositiu similar al que es proposa en aquest treball. A continuació es mostren alguns aparells que presenten una temàtica similar.

### 2.3.1.-Dispositius amb temàtiques similars

#### 2.3.1.1.-Original Xiaomi 20W Smart Wireless Charger Pad.

La marca xinesa Xiaomi va llençar a l'octubre del 2020 una base de càrrega amb les següents prestacions.

Superfície de càrrega	18x20x1.5 cm
Sistema de detecció de dispositius	Si
Nombre màxim de dispositius carregant simultàniament	1 <sup>1</sup>
Potència màxima de càrrega.	20W
Preu	100€ <sup>2</sup>

Taula 3. Característiques generals XIAOMI Wireless Charger Pad.



Fig. 6. Fotografies XIAOMI Wireless Charger Pad.

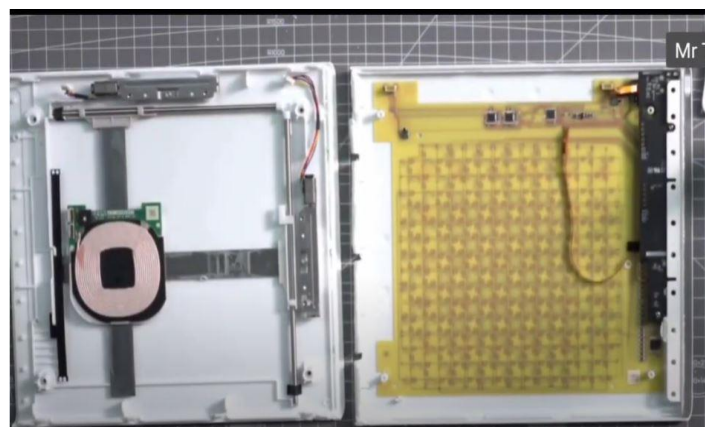


Fig. 7. Fotografia part interior XIAOMI Wireless Charger.

La part interessant d'aquesta base de càrrega és el seu funcionament mecànic i el sistema de detecció de dispositius. La part mecànica és molt similar al que es vol aconseguir en aquest projecte, utilitzant un sistema d'eixos cartesians per a desplaçar una bobina sota el dispositiu i aquest es carrega per inducció<sup>3</sup>. Pel que fa al sistema de detecció de dispositius, utilitza una matriu de sensors situada sota la base de càrrega, que detecten la presència d'un dispositiu que accepti ser carregat sense fils en la seva superfície.

<sup>1</sup> Tot i que només pot carregar un dispositiu a la vegada, és capaç de detectar quan està totalment carregat i buscar altres dispositius no carregats.

<sup>2</sup> El dispositiu ja no es troba a la venda per part del fabricant i la informació s'ha extret de la pàgina *bangood.com*, que encara el té en stock.

<sup>3</sup> Mes endavant en aquesta memòria s'explicaran els principis físics de la càrrega per inducció.

### 2.3.1.2.-Liberty Wireless Charger Glass.

La marca Zens produeix una base de càrrega amb les següents característiques.

Superfície de càrrega	22.4x13.3x1.6 cm
Sistema de detecció de dispositius	No
Nombre màxim de dispositius carregant simultàniament	2
Potència màxima de càrrega.	30W
Preu	199€

Taula 4. Característiques generals LIBERTY Wireless Charger Glass.



Fig. 6. Fotografies LIBRETY Wireless Charger Glass.

En aquest cas, la base de càrrega permet la càrrega simultània de 2 dispositius degut al seu gran nombre de bobines, 16. Utilitzant la tecnologia de càrrega sense fils Qi, utilitza totes les bobines per a generar un camp electromagnètic que carrega els dispositius. També incorpora un adaptador per a carregar rellotges intel·ligents.

### 2.3.2.-Conclusió situació del mercat actual.

Com s'ha pogut apreciar en els anteriors apartats, hi ha grans empreses que fabriquen dispositius similars al plantejat en aquest projecte. Tot i així, cap d'ells té l'essència que caracteritza a aquesta taula: la seva gran superfície de càrrega i la seva versatilitat, es pot observar en els dos exemples anteriors que les superfícies de càrrega no són comparables a les proposades en aquest projecte. Així doncs, es conclou que no existeix o almenys no s'ha comercialitzat encara cap producte semblant al que es realitzarà en les pròximes setmanes.

## 3.-Objectius.

L'objectiu principal serà el disseny i elaboració d'un prototip funcional així com l'estudi i anàlisis dels resultats obtinguts.

En primer lloc es desenvoluparà el prototip, aquesta tasca es dividirà en quatre etapes:

### 3.1.-ETAPA I: Preparació.

En la primera fase, es defineixen els objectius principals del prototip, les limitacions i es fa una planificació temporal aproximada mitjançant un diagrama de Gantt.

Es reuneix el material necessari per a la construcció del prototip previ a un cerca de components fins a trobar el més adient en cada cas. En el cas concret de les bobines carregadores, es fa un estudi sobre la tecnologia de carrega sense fils, com funciona i els diferents estàndards.

També es busquen professionals per a les feines de muntatge mecànic del prototip i elaboració i manufacturació del vidre.

### 3.2.-ETAPA II: Testejar l'electrònica.

L'etapa II del projecte comença amb la disposició del material electrònic necessari i es basa en entendre el seu funcionament i aprendre a controlar-lo.

També, es dona resposta a les següents preguntes,

- Com es pot detectar si algun dispositiu està carregant?
- És suficientment ràpida la detecció de que està carregant enfront a la velocitat de moviment del carregador?
- És possible conèixer l'estat de la càrrega de dispositiu amb el consum del carregador?

### 3.3.-ETAPA III: Disseny de la taula i dels seus components

L'etapa III del projecte es podria dividir en dos parts.

La primera part es centrarà especialment en fer el disseny 3D de la taula, així com dels components mecànics necessaris per al seu funcionament.

La segona part consistirà en el muntatge d'un prototip físic amb tots els seus components i la documentació del procés.

### 3.4.-ETAPA IV: Desenvolupar el codi de programa.

L'etapa IV serà on s'implementarà el codi que farà que el prototip realitzi les funcions que l'hi pertoquen.

- Cerca de dispositius.
- Carrega de dispositius.
- Fi de càrrega de dispositius.

També s'explicaran les connexions realitzades així com una taula resum dels pins utilitzats en el microcontrolador.

Un cop el prototip estigui finalitzat, es realitzaran les següents proves per analitzar el funcionament i discutir els resultats obtinguts:

- Prova de detecció de dispositiu.
- Prova de retirada de dispositiu.

Per últim, es discutiran els resultats obtinguts i es faran tot un seguit d'observacions.

## 4.-Desenvolupament del prototip

### 4.1.-ETAPA I.

#### 4.1.1.-Definició d'objectiu principal del prototip.

L'objectiu principal es el disseny i construcció d'un prototip funcional de la taula introduïda anteriorment. Aquest prototip constarà d'una sola línia (eix y), ja que, estudiant el funcionament d'aquesta s'estudia el funcionament general de la taula. Això es degut a que les demes línies serien còpies idèntiques on la seva única funció seria el augment de superfície de càrrega de la taula.

#### 4.1.2.-Base del prototip.

Disseny i construcció d'una línia amb les següents característiques:

Amidaments	65cm x 29,5cm
Nombre de línies (eix y)	1
Nombre màxim de dispositius carregant simultàniament	1
Funció detecció de telèfon	No

*Taula 5. Característiques prototip*

#### 4.1.3.-Funcionament general.

El funcionament general serà l'explicat en la introducció d'aquesta memòria però en aquest cas, sol per una línia.

#### 4.1.4.-Material necessari

Així doncs, el material necessari serà el següent.

Pel que fa als components electrònics necessaris,

Component	Quantitat per línia
Motor pas a pas	1
Controlador motor	1
Microprocessador	1
Carregador sense fils	1
Sensor de corrent	1
Sensor final carrera	1

*Taula 6. Material necessari.*

Mes endavant, en l'etapa III, es farà el disseny de les peces necessàries per al desplaçament mecànic del carregador.

Pel que fa al material per a la construcció dels elements sòlids de l'estructura del prototip, es subcontractarà a professionals tant per al muntatge de les parts de fusta, com per al tall i manufacturació del vidre. En l'etapa III es justificaran als professionals escollits.

#### 4.1.5.-Elecció dels components electrònics.

S'ha realitzat conjuntament amb l'ajuda del tutor un estudi sobre els tipus de motors pas a pas, controladors de motors, microprocessadors, guies i sensors de corrents, sensors de final de carrera i s'ha optat per els següents elements:

Component	Opcions	Breu descripció
Motor pas a pas	Nema 17 Stepper Motor MT-1701HS14A	Motor pas a pas amb una resolució de 1.8º per pas.
Controlador motor	TMC 2130 Allegro A4983 TMC2100	Controladors del motor amb diferents característiques.
Microprocessador	Arduino Due	Microprocessador molt útil per a projectes amb Arduino a gran escala.
Sensor de corrent	INA 219	Sensor de corrent compatible amb processadors Arduino.
Sensor de final de carrera	SS-5GL	Sensor interruptor de contacte.

*Taula 7. Components seleccionat.*

Mes endavant, en l'etapa II, es detallarà el funcionament de cada component.

#### 4.1.6.-Marc teòric carrega sense fils.

La càrrega sense fils, es de fet una carrega per inducció o carrega electromagnètica degut al seu funcionament.

Tot i que la idea es relativament bàsica, presenta una certa complexitat de desenvolupament així com d'execució. A continuació s'explica el seu funcionament bàsic.

##### 4.1.6.1.-Principis físics.

S'aprofita d'una branca fonamental de la física anomenada electromagnetisme. Que va ser per primera vegada estudiada pel físic angles James Clerk Maxwell al 1865.

Mes concretament, dintre de la sub-branca de l'electrodinàmica clàssica, la qual estudia els fenòmens associats als cossos carregats en moviment i als camps elèctrics i magnètics variables. Degut a que una carrega en moviment produeix un camp electromagnètic, l'electrodinàmica es refereix a efectes com el magnetisme, la radiació electromagnètica i la *inducció electromagnètica*.

Aquesta ultima utilitzada en el funcionament de la carrega sense fils.

El fenomen de la inducció electromagnètica va ser descobert per Michael Faraday i origina la producció d'una força electromotriu en un medi o cos exposat a un camp electromagnètic variable, ja sigui per un cos mòbil respecte a un camp magnètic estàtic i uniforme o per la variació de les línies de camp que travessen la superfície mitjançant un gir.

Es així com l'energia de un camp electromagnètic es transferida a un cos exposat dintre del seu radi.

Si aquest cos es un conductor i es part d'un circuit tancat, es produeix una corrent induïda. Aquest concepte es el que s'aplica doncs a la carrega per inducció.

Es defineix carga per inducció quan un cos amb carga elèctrica s'aproxima a un altre cos neutre causant una redistribució en les seves càrregues degut a la repulsió generada per el camp generat pel material carregat.

##### 4.1.6.2.-Funcionament.

El funcionament bàsic dels carregadors sense fils es pot resumir en 5 passos diferents però a l'hora molt relacionats entre ells.

1. Conversió del voltatge de la ret (220V i 50Hz) a un voltatge en alterna d'alta freqüència.
2. La corrent s'envia a la bobina per un circuit de transmissió.
3. Aquesta corrent circula per la bobina i genera un camp magnètic que s'estén fins al dispositiu (col·locat a una certa distancia.)
4. El camp magnètic genera una corrent induïda a la bobina del dispositiu receptor.
5. La corrent que circula per la bobina del receptor es converteix en corrent continua pel dispositiu i carrega la bateria d'aquest.

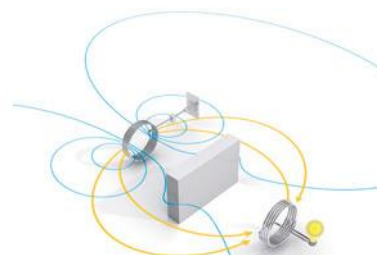


Fig. 7. Representació càrrega sense fils.

#### 4.1.5.3.-Estàndards de carrega.

Tot i que l'estàndard de càrrega més utilitzat es el Qi, es important mencionar que n'existeixen més. Tots ells amb diferents característiques.

##### Estàndard **Qi**,

Es el més estès fins al moment, efectua carregues a traves de freqüències altes i no permet una gran distancia entre carregador i dispositiu. Tot i això la seva tecnologia de inducció electromagnètica l'hi permet adquirir grans potencies de carrega.

##### Estàndard **PMA**,

Es semblant al Qi tot i que la seva tecnologia de ressonància magnètica l'hi permet crear camps electromagnètics de mes dimensió i, per tant, que no sigui necessari que el dispositiu estigui empegat al carregador. Per altra banda, la potencia de càrrega es inferior a l'estàndard Qi.

##### Estàndard **COTA**,

COTA permet una distancia de separació entre carregador i dispositiu de 10 metres gràcies a l'ús de connexions sense fils com el WiFi o Bluetooth. Encara que pel moment, no es capaç d'aportar una potencia de carrega significativa.

A continuació es mostra un quadre resumen dels diferents estàndards.

Nom	Tecnologia	Rang	Potència de carrega
Qi	Inducció electromagnètica	Curt	Alta
PMA	Ressonància electromagnètica	Mitja	Mitjana
Cota	WiFi, Bluetooth	Alt	Molt baixa

*Taula 8. Estàndards de càrrega sense fils.*

#### 4.1.5.4.-Limitacions.

Tot i que s'anomeni carrega sense fils, es mes aviat una carrega per contacte. Com s'ha vist anteriorment, el dispositiu electrònic a carregar ha d'estar a una distancia d'entre 5 i 10mm (depenent de la potencia del camp magnètic de la bobina) per a poder ser carregat.

Això afecta en gran quantitat al projecte ja que la bobina que es desplaçarà haurà d'estar molt propera al dispositiu i, per tant, el vidre separador haurà de ser d'un gruix reduït.



#### 4.1.7.-Cerca de la bobina.

Per a la cerca de la bobina, es van establir un seguit de característiques que el carregador hauria de complir.

1. **Màxima superfície de càrrega**, ja que permetrà augmentar les línies de càrrega.
2. **Màxima Potència de càrrega**, la majoria de dispositius que permeten la càrrega sense fils poden carregar fins a una potència de 10W. Així doncs es convenient que tots puguin carregar-se a la seva màxima potència.
3. **Màxim nombre de bobines**, si el nombre de bobines augmenta, en general, també ho farà les dimensions del camp magnètic.

Amb aquestes característiques, es van trobar les següents opcions,

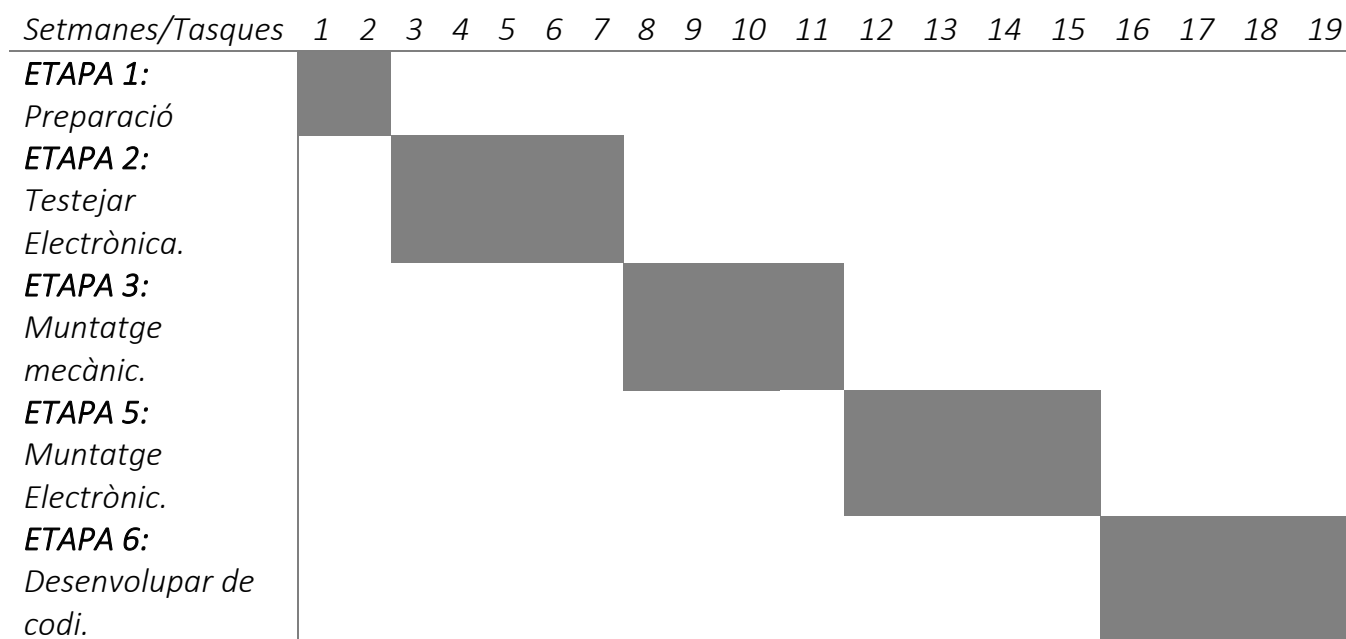
	Potència	Dimensions(cm)	Nombre de bobines	Preu(€)
Carregador 1	10W	7.7*7	2	8.27
Carregador 2	10W	20*9	2	10.90
Carregador 3	10W	18.2 * 8.1	2	7.40
Carregador 4	10W	9.2*5.9	3	3.30

Taula 9. Característiques generals de les opcions de carregadors sense fils.

També, en l'etapa II, es farà un estudi complet de cada carregador.

#### 4.1.8.-Planificació temporal del projecte.

A continuació es mostra una planificació de les tasques i estimació aproximada del temps necessari per a desenvolupar cadascuna d'elles. Mitjançant el format de diagrama de Gantt



Taula 10. Planificació temporal del projecte

#### 4.1.9.-Possibles millores i funcions addicionals.

A continuació, s'enumeraran i explicaran les millores addicionals que es podrien implementar en versions futures del dispositiu.

1. Cerca del dispositiu a carregar.

Aquesta es, la millora mes significativa a fer a la taula.

Consisteix en implementar una funció que permeti a la taula poder localitzar dels dispositius que estan dipositats sobre la seva superfície i que permeten la carrega sense fils.

Aquesta funció afegida, permetria augmentar la rapidesa en que la taula carrega el dispositiu ja que, les bobines carregadores anirien mes ràpid als dispositius i, per tant, el temps total de carrega seria major.

També augmentaria l'eficiència d'aquesta, ja que les bobines, a diferencia de en la taula sense millora, estarien en repòs fins que algun dispositiu es diposites sobre la taula.

2. Adaptador per a dispositiu que no permeten la carrega sense fils.

En aquesta millora, l'objectiu es la fabricació d'un prototip de dispositiu que permetés la càrrega sense fils en dispositius que, de sèrie, no la permeten.

Suposaria un gran avanç ja que, permetria que qualsevol usuari es pogués beneficiar dels serveis de la taula.

## 4.2.-ETAPA II.

Un cop definida la base del projecte i disposant de tots els components electrònics, la etapa 2 pot començar.

En aquesta etapa, tal i com s'indica en la introducció, l'objectiu es entendre el funcionament de cada component, aprendre a controlar-lo i l'estudi preliminar de la seva implantació al projecte.

### 4.2.1.-Components electrònics.

#### 4.2.1.1.-Controlador motor.

Es tracta del controlador de motor fabricat per *Trinamic Motion Control GmbH* i anomenat TMC2100.

##### 4.2.1.1.1.-Funcionament bàsic.

Es tracta d'un component electrònic dissenyat per a facilitar el control dels motors pas a pas.

Controlat pel microprocessador aquest dispositiu s'encarregarà d'aplicar la corrent i el voltatge suficients al motor per a que es mogui segons les indicacions donades pel microprocessador.

Aquests controladors de motor s'utilitzen en qualsevol projecte on s'utilitzin motors pas a pas encara que un dels seus usos mes comuns son les impressores 3D.

##### 4.2.1.1.2.-Característiques del TMC2100.

La característica mes destacable d'aquest controlador de motor pas a pas es el silenci amb el que es capaç de treballar així com la seva alta precisió.

Aquestes son algunes de les característiques<sup>4</sup> mes importants que el fabricant aporta,

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Supply voltage operating with inductive load ( $V_{IS} \geq V_{ISA}$ )	$V_{IS}, V_{ISA}$	-0.5	49	V
Supply and bridge voltage max. *)	$V_{VMAX}$		50	V
VSA when different from to VS	$V_{VSA}$	-0.5	$V_{IS}+0.5$	V
I/O supply voltage	$V_{VIO}$	-0.5	5.5	V
digital VCC supply voltage (if not supplied by internal regulator)	$V_{VCC}$	-0.5	5.5	V
Logic input voltage	$V_I$	-0.5	$V_{VIO}+0.5$	V
Maximum current to / from digital pins and analog low voltage I/Os	$I_{IO}$		+/-10	mA
5V regulator output current (internal plus external load)	$I_{SVOUT}$		50	mA
5V regulator continuous power dissipation ( $V_{VM}-5V$ ) * $I_{SVOUT}$	$P_{SVOUT}$		1	W
Power bridge repetitive output current	$I_{ON}$		3.0	A
Junction temperature	$T_J$	-50	150	°C
Storage temperature	$T_{STG}$	-55	150	°C
ESD-Protection for interface pins (Human body model, HBM)	$V_{ESDAP}$		4	kV
ESD-Protection for handling (Human body model, HBM)	$V_{ESD}$		1	kV

Taula 11. Característiques principals TMC2100.

<sup>4</sup> A l'Annex es troba un enllaç al Data Sheet complet.

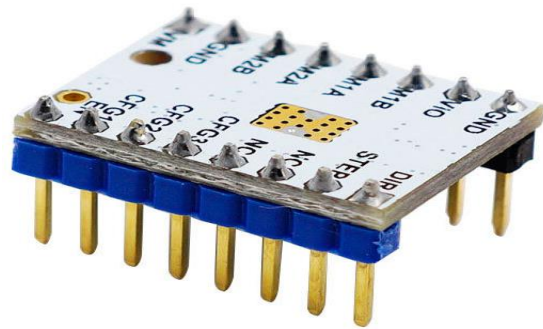
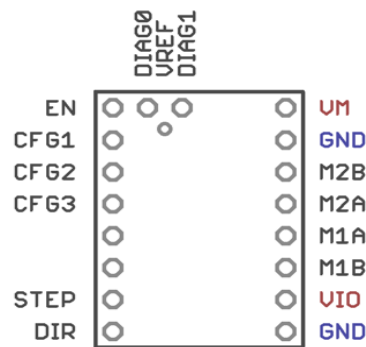


Fig. 8. PIN OUT i fotografia del TMC2100

#### 4.2.1.2.-Microcontrolador.

Es tracta del microcontrolador fabricat per Arduino i anomenat Arduino DUE.

##### 4.2.1.2.1.-Funcionament bàsic.

Es tracta d'un circuit integrat programable, capaç d'executar les ordres enregistrades en la seva memòria. Aquest enregistrament es fa mitjançant un llenguatge de programació propi de les plaques Arduino i que es pot utilitzar en l'entorn d'Arduino IDE.

##### 4.2.1.2.2.-Funció que realitza dintre del projecte.

La funció del microcontrolador serà decidir en tot moment (en base al seu codi intern prèviament programat) el comportament de la taula, depenent del feedback dels sensors.

#### 4.2.1.2.3.-Característiques principals<sup>5</sup> del Arduino Due.

Microcontroller	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 16 provide PWMoutput)
Analog Input Pins	12
Analog Outputs Pins	2 (DAC)
Total DC Output Current on all I/O lines	130mA
DC Current for 3.3V Pin	800 mA
DC Current for 5V Pin	theoretical 1A, realistic 800 mA
Flash Memory	512 KB all available for the user applications
SRAM	96 KB (64 + 32 KB)
DataFlash	2 Mbit (250 KB)
Clock Speed	84 MHz

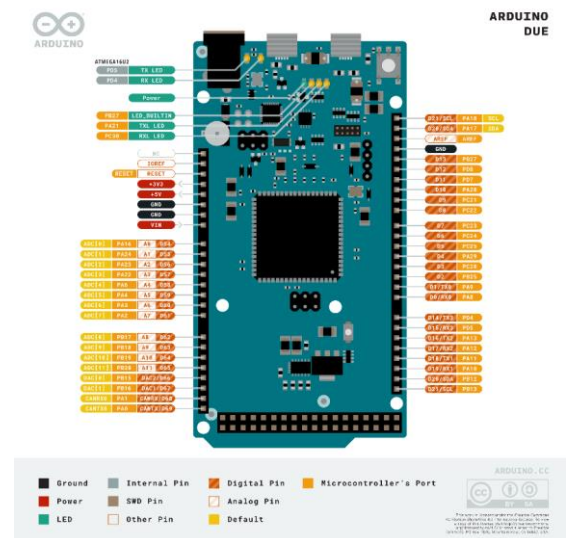


Fig. 9. Característiques principals i PIN OUT Arduino Due.

<sup>5</sup> A l'Annex es troba un enllaç al Data Sheet complet.

### 4.2.1.3.-Motor pas a pas.

Es tracta del motor pas a pas NEMA 17 Stepper Motor MT-1701HS14A.

#### 4.2.1.3.1.-Funcionament bàsic.

Dispositiu electromecànic que transforma una sèrie de polsos elèctrics en desplaçaments angulars.

Els motors pas a pas son ideals per a la construcció de mecanismes on siguin necessaris moviments molt precisos. Això es degut a la seva característica principal, el fet de que son capaços de moure's un pas per vegada per cada pols que se'ls hi apliqui.

A demés, aquests motors tenen l'habilitat de quedar-se clavats en una posició desitjada.

#### 4.2.1.3.2.-Funció que realitza dintre del projecte.

Com ja s'ha mencionat prèviament, la funció del motor pas a pas serà moure una bobina fins al dispositiu quan el microprocessador així ho indiqui.

Es per això que el motor necessita ser lo suficientment precís com per moure's a una velocitat suficientment petita per a permetre a la bobina trobar el dispositiu quan passi per sota. Mes endavant es farà un estudi de la velocitat màxima permesa.

#### 4.2.1.3.3.-Característiques principals del NEMA 17 Stepper Motor MT-1701HS14A.

Aquestes son algunes de les característiques<sup>6</sup> mes importants que el fabricant aporta,

Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Step Angle Accuracy	1.8°±5% (full step, no load)
Resistance Accuracy	±10%
Inductance Accuracy	±20%
Temperature Rise	80°C Max.(2 phase on)
Ambient Temperature	-20°C~+50°C
Insulation Class	B, 130°C
Insulation Resistance	100MΩMin. , 500VDC
Shaft Radial Play	0.02Max. (450 g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450 g-load)
Max. radial force	28N (20mm from the flange)
Max. axial force	10N

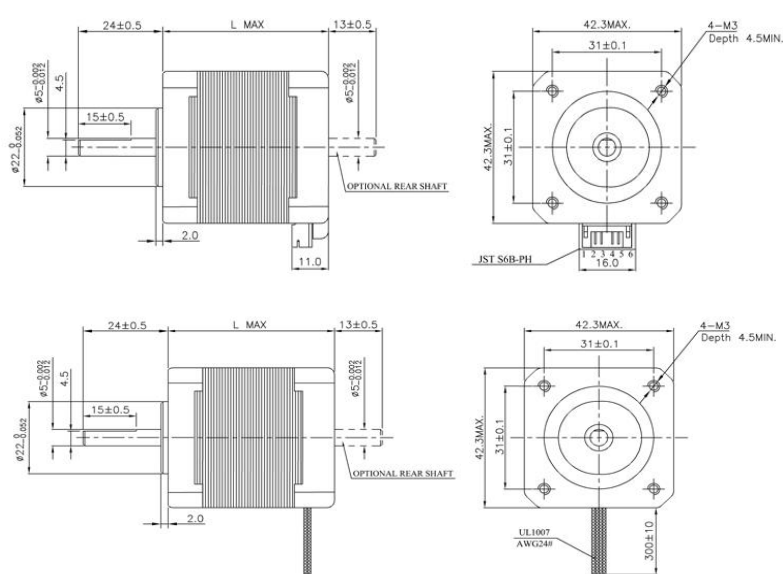


Fig. 10. Característiques principals del NEMA 17 Stepper motor.

<sup>6</sup> A l'Annex es troba un enllaç al Data Sheet complet.

#### 4.2.1.4.-Proves i exemples de control.

Per acabar d'entendre el funcionament del motor, el controlador i el microprocessador, es va realitzar una prova de funcionament.

L'objectiu es poder controlar<sup>7</sup> la velocitat del motor i direcció de gir. Per així, mes endavant, poder utilitzar-lo en funció de la senyal que es rebí per part del sensor de corrent.

La idea, en aquest exemple, per a controlar la direcció, es connectar mitjançant un cable el pin 52 a terra (GND) d'aquesta manera, el motor girarà en sentit horari. En cas contrari girarà en sentit antihorari.

Per a controlar si el motor gira o no, el funcionament es similar, però en aquest cas, el pin que s'ha de connectar a terra es el 53. Per tant, si el pin 53 esta connectat al terra el motor no girarà, i en cas contrari girarà.

També es va implementar la funció de habilitar o no la placa en el pin 50. Si aquest esta connectat a terra (GND) la placa estarà habilitada i en qualsevol altre cas estarà no habilitada.

Així doncs, es van fer les següents connexions,

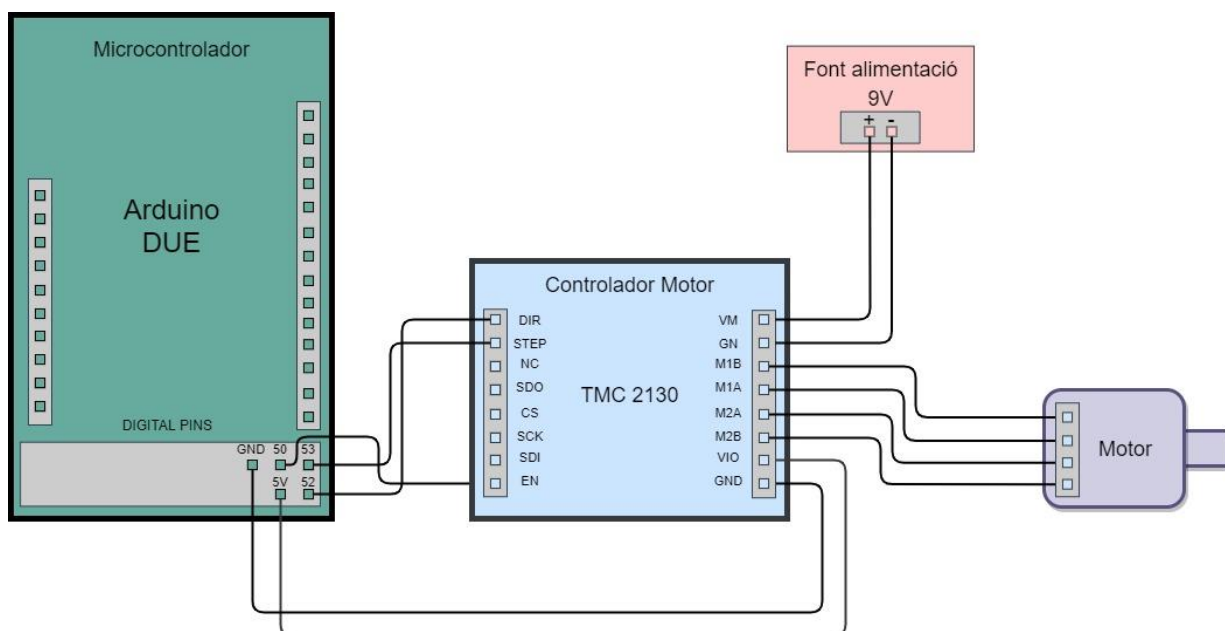


Fig. 11. Connexions de la prova.

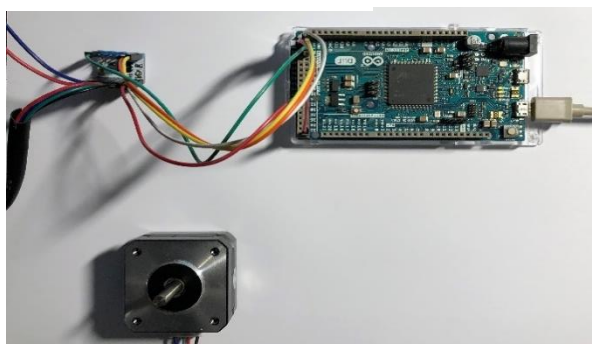


Fig. 12. Fotografia del muntatge real de la prova.

<sup>7</sup> A l'annex es troba el codi implementat a Arduino amb el nom de "Prova\_motor1"

#### 4.2.1.5.-Sensor final de carrera.

Es tracta sensor interruptor de contacte SS-5GL

##### 4.2.1.5.1.-Funcionament bàsic.

Interruptor mecànic que al se accionat permet el pas de corrent entre els seus terminals. Un d'aquest terminals estarà connectat a una entrada digital per detectar el seu estat

##### 4.2.1.5.2.-Funció que realitza dintre del projecte.

Es necessari la implantació d'un sensor de final de carrera per a disposar d'una referencia a l'hora de controlar la posició del carregador traslladat per el motor pas a pas.

La seva funció serà detectar quan el carregador esta en un extrem anomenat "zero màquina". A partir d'aquest extrem, comptant els polsos i coneixent la quantitat de polsos que ha de realitzar el motor per fer tot el recorregut, es podrà conèixer la posició del carregador en qualsevol moment<sup>8</sup>.

##### 4.2.1.5.3.-Característiques principals del sensor interruptor de contacte.

Aquestes son algunes de les característiques<sup>9</sup> mes importants que el fabricant aporta,



Fig. 13. Característiques principals del interruptor de contacte SS-5GL

#### 4.2.1.6.-Carregadors sense fils.

Com ja s'ha mencionat prèviament, es van encomanar 4 carregadors sense fils segons les característiques establides prèviament.

En aquest apartat es fa la tria del carregador que s'utilitzarà.

Per a fer això, s'analitzaran les característiques de cada una d'ells així com el seu funcionament real.

Per a conèixer el funcionament real, s'ha utilitzat el sensor de corrent i voltatge INA-219, aquest s'ha connectat al cable de carrega del carregador per poder apreciar quina intensitat i voltatge esta consumint. A l'hora, el sensor envia les dades a l'ordinador mitjançant el microcontrolador Arduino DUE.

Aquestes dades son enregistrades en un fitxer de text ".txt" mitjançant un programa dissenyat<sup>10</sup> en Visual Studio.

El fitxer de text amb les dades enregistrades s'obra mitjanant un script de Matlab prèviament dissenyat<sup>11</sup> i que permet veure les dades de manera gràfica i poder interpretar que esta passant.

<sup>8</sup> A l'etapa IV es fa una explicación detallada d'aquest procediment.

<sup>9</sup> A l'Annex es troba un enllaç al Data Sheet complet.

<sup>10</sup> A l'annex es mostra el programa dissenyat així com el codi implementat sota el nom de "Guardar Dades Arduino"

<sup>11</sup> A l'annex es mostra codi implementat en el script de Matlab sota el nom de "Tractament\_Dades"

4.2.1.6.1.-Carregador 1:

Característiques generals:

	Potencia	Dimensions(cm)	Nombre de bobines	Preu(€)
Carregador 1	10W	7.7*7 *10.5	2	8.27

Taula 12. Característiques principals carregador 1



Fig. 14. Dimensions i fotografia carregador 1

Resultats consum de corrent en el temps:

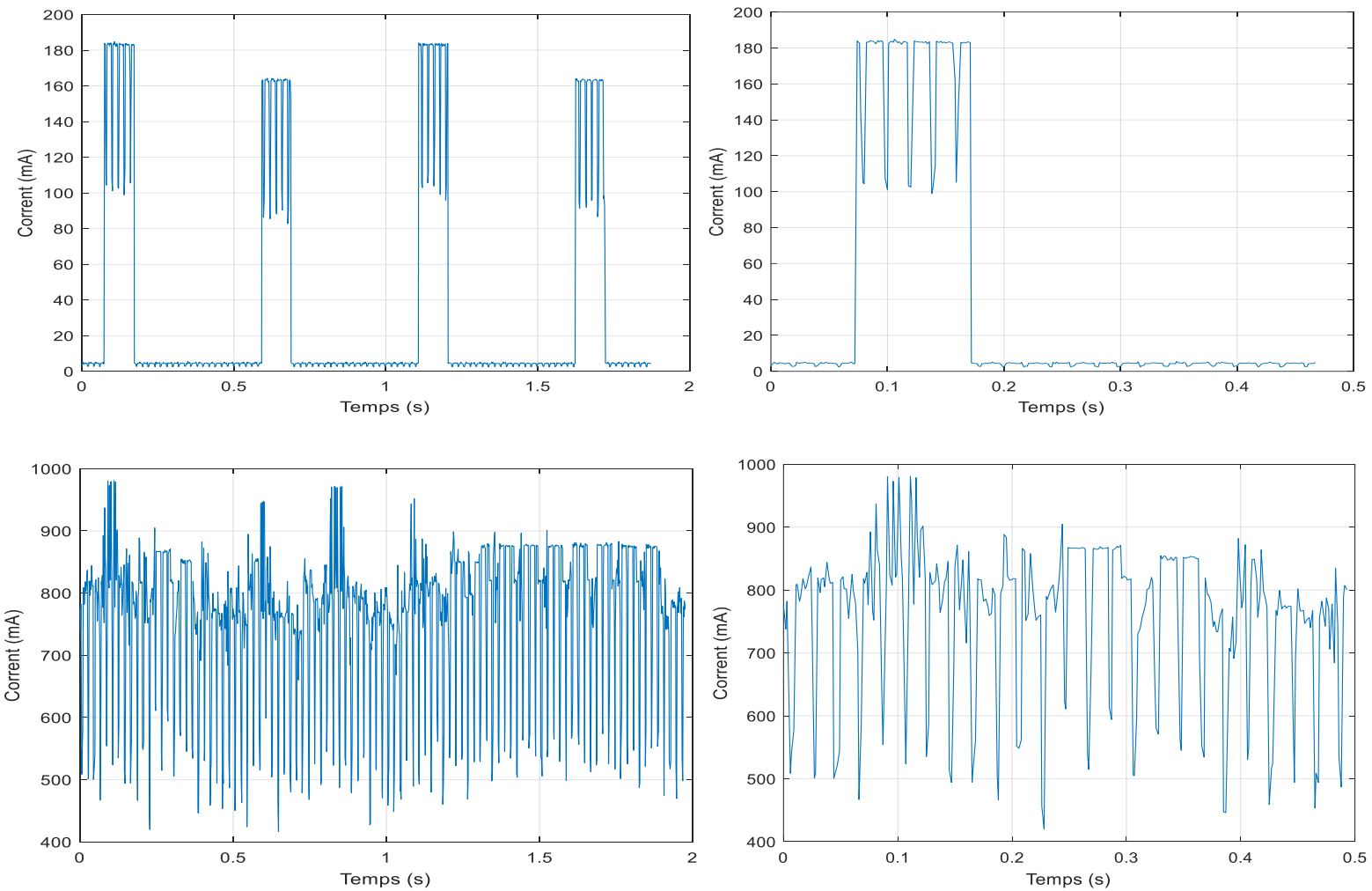


Fig. 15. Resultats consum de corrent carregador 1



4.2.1.6.2.-Carregador 2:

Característiques generals.

	Potencia	Dimensions(cm)	Nombre de bobines	Preu(€)
Carregador 2	10W	20*9	2	10.79

Taula 13. Característiques generals carregador 2

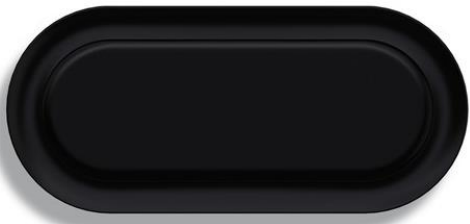
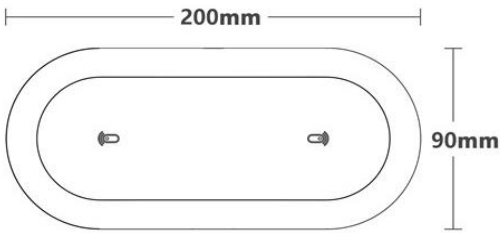
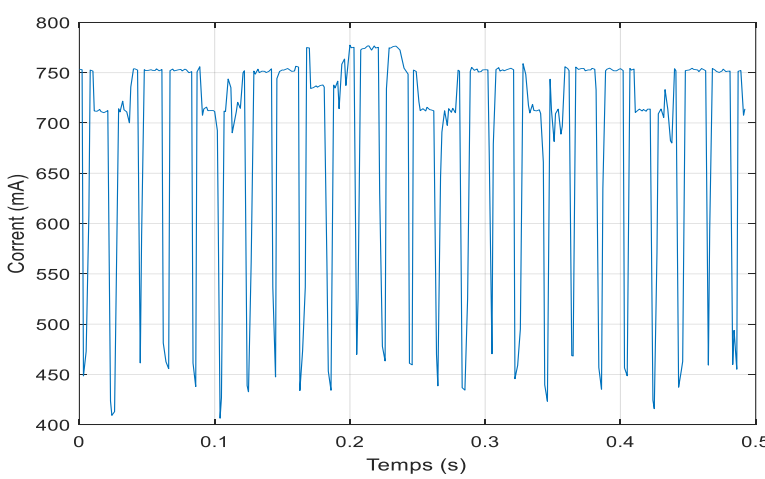
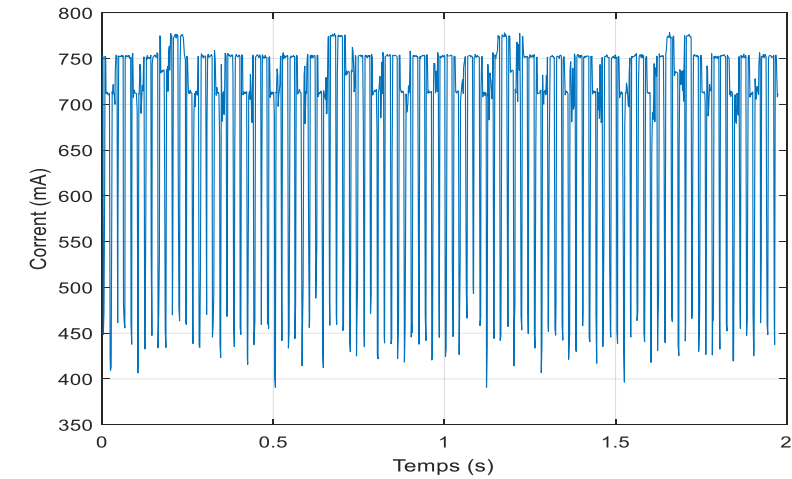
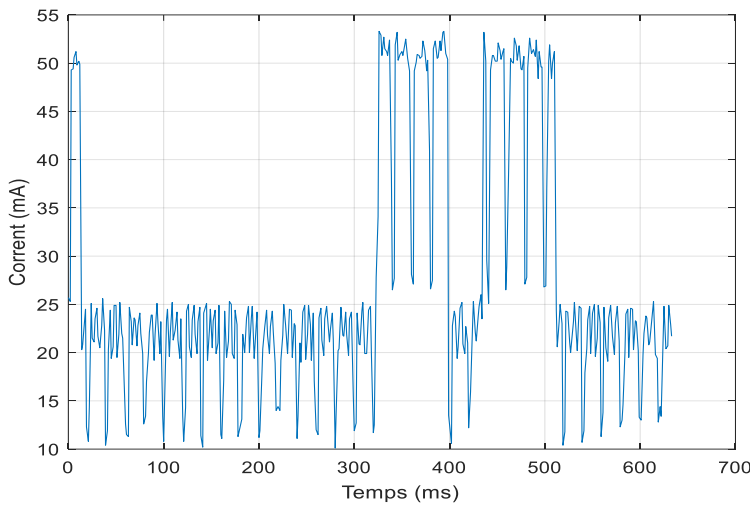
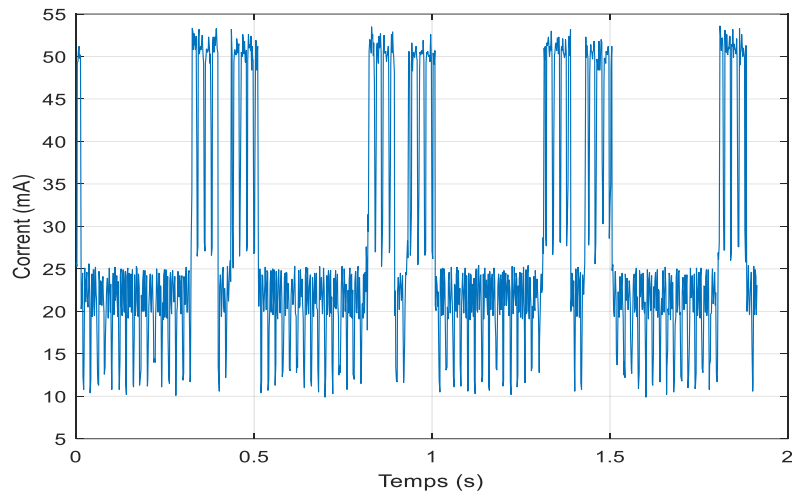


Fig. 16. Dimensions i fotografia carregador 1

Resultats consum de corrent en el temps.



4.2.1.6.3.-Carregador 3:  
 Característiques generals.

	Potencia	Dimensions (cm)	Nombre de bobines	Preu(€)
Carregador 3	10W	18.2*8.1cm	2	7.40

Taula 14. Característiques generals carregador 3



Fig. 17. Dimensions i fotografia carregador 3.

Resultats consum de corrent en el temps.

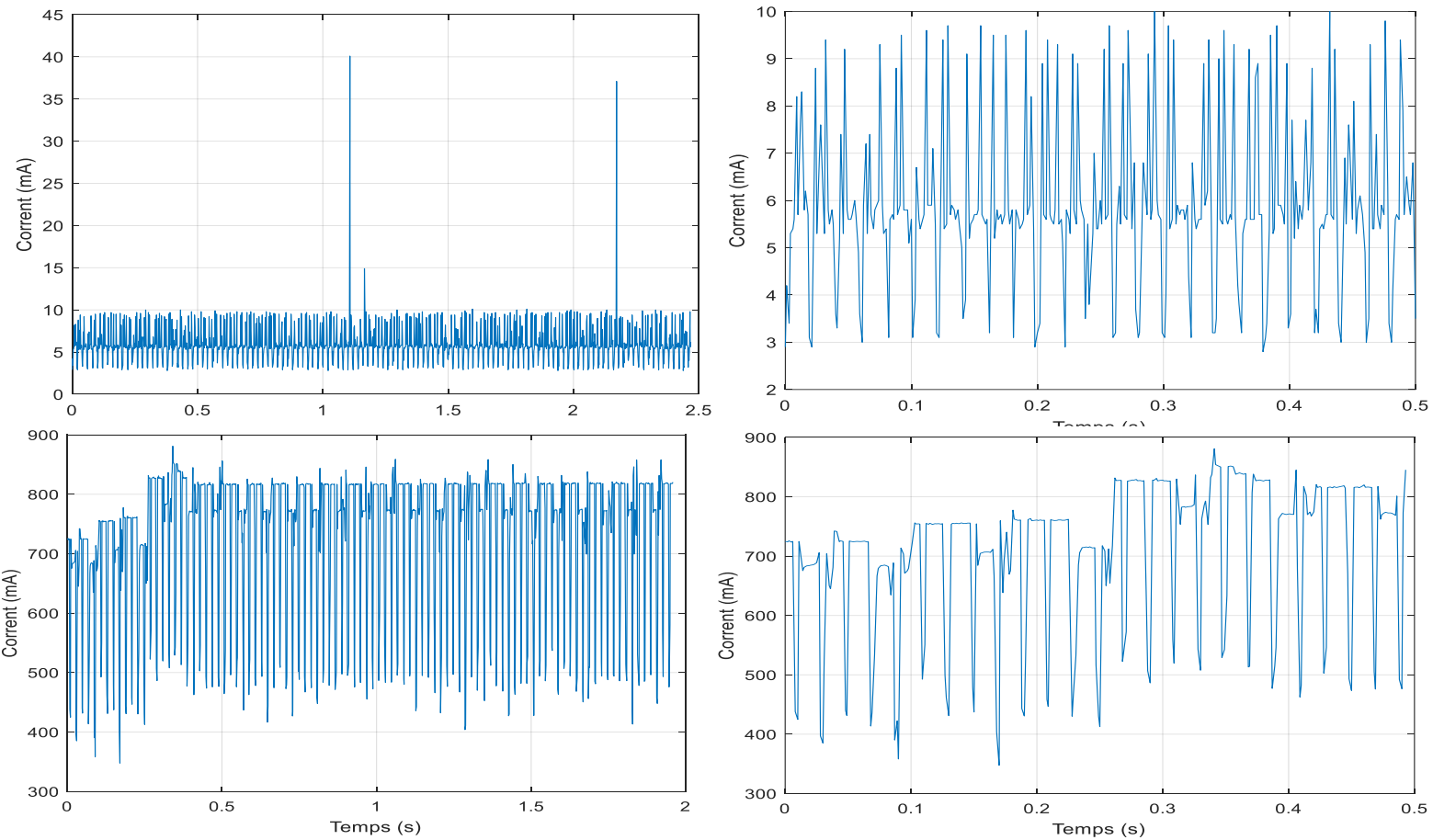


Fig. 19. Consum de corrent en el temps carregador 3

4.2.1.6.4.-Carregador 4:

Característiques generals:

	Potencia	Dimensions(cm)	Nombre de bobines	Preu(€)
Carregador 4	10W	9.2*5.9	3	3.30

Taula 15. Característiques principals carregador 4.

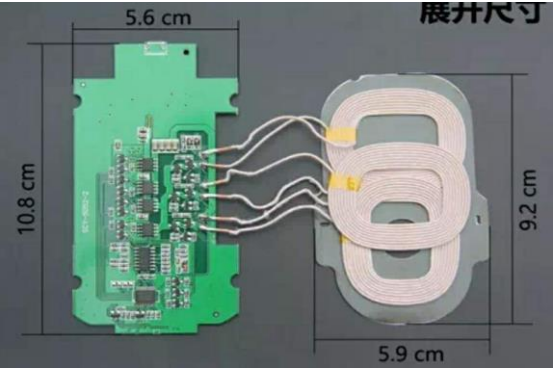
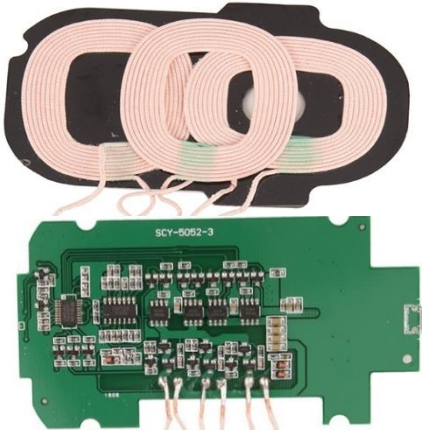


Fig. 20. Fotografia i dimensions carregador 4.



Resultats consum de corrent en el temps.

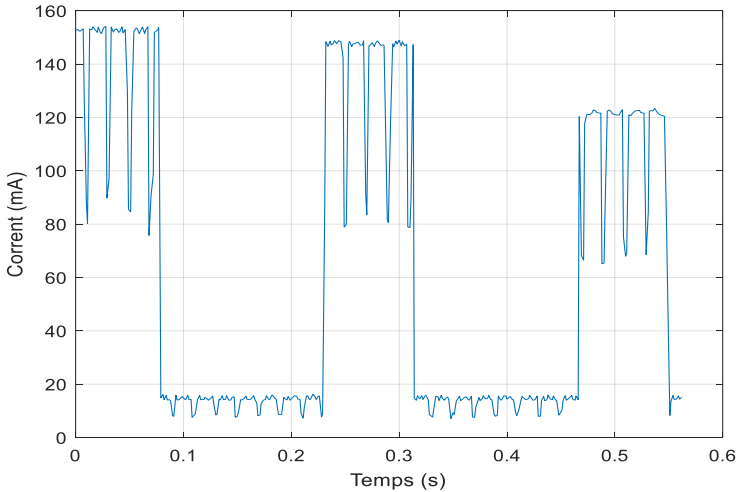
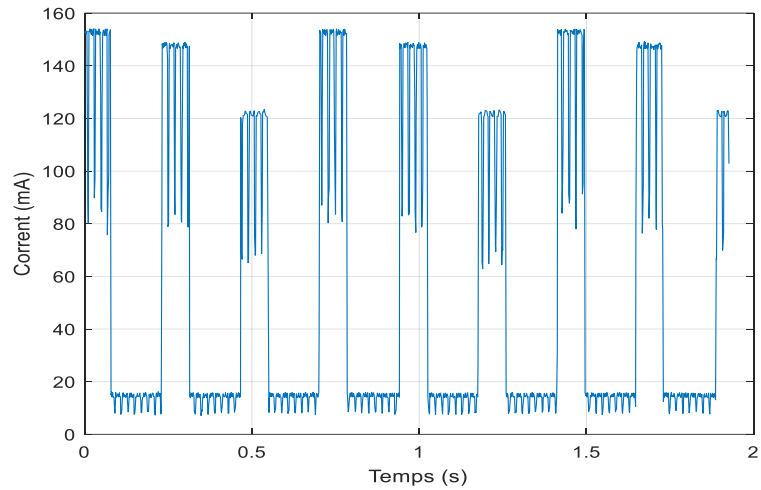


Fig. 23. Consum de corrent carregador 4 sense carregar.

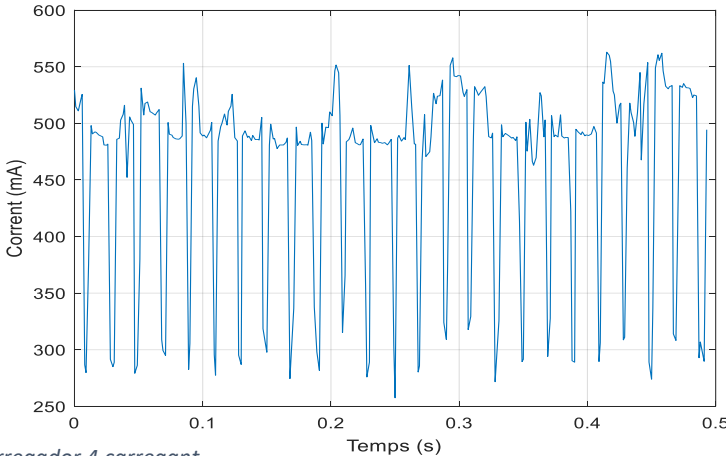
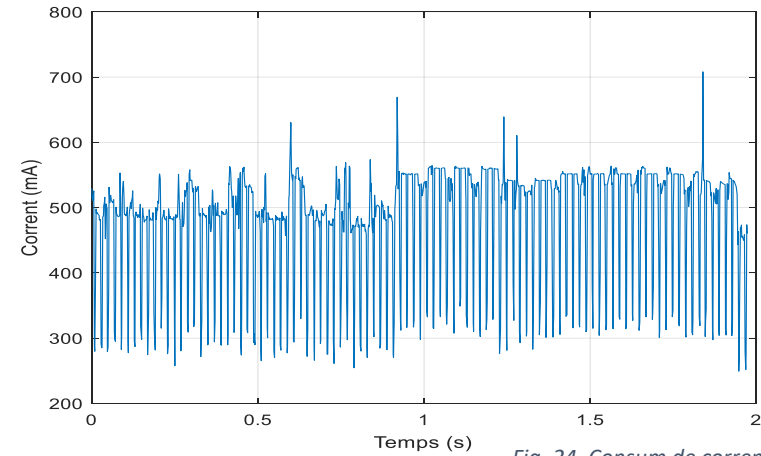


Fig. 24. Consum de corrent carregador 4 carregant

#### 4.2.1.7.-Conclusió tria carregador.

Recordant les característiques necessàries establertes en l'etapa 1 que el carregador ha de complir.

1. Màxima superfícies de carrega.
2. Màxima potència de carrega.
3. Màxim nombre de bobines.

Com es pot observar en els gràfics de corrent en funció del temps, tots els carregadors sense fils treballen de la mateixa manera. Generen un camp electromagnètic durant un breu període de temps, si aquest camp magnètic el rep algun dispositiu compatible amb la càrrega sense fils, segueixen generant-lo, en cas contrari paren. Observant la corrent que circula pel cable d'alimentació dels carregadors, això es tradueix en un tren de polsos, el qual s'aprecia en qualsevol des carregador prèviament analitzat.

Tenint en compte aquestes característiques, s'ha decidit utilitzar el carregador 4. Encara que no es el que proporciona una potència de carrega mes elevada, la superfície de carrega i la quantitat de bobines per carregador han set els factors decisius per la seva tria.

A mes a mes, la possibilitat d'ajuntar dos carregadors d'aquest estil i augmentar tant el nombre de bobines com la superfície de càrrega es molt viable degut a que no cal desmuntar cap element electrònic ni mecànic.

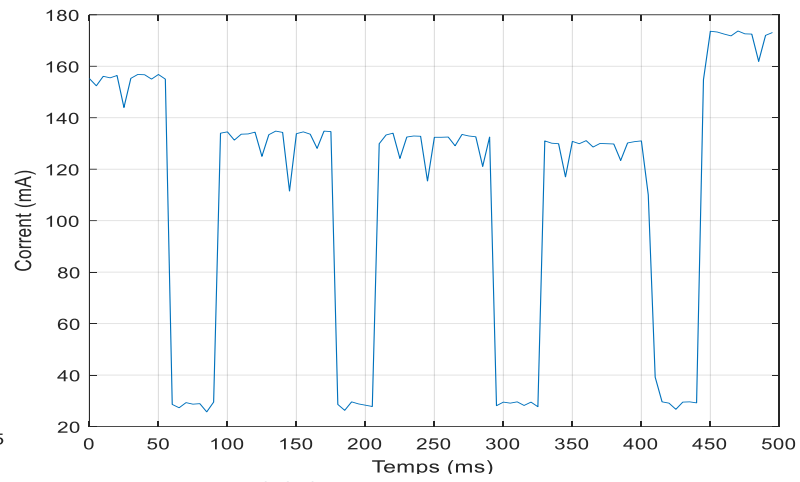
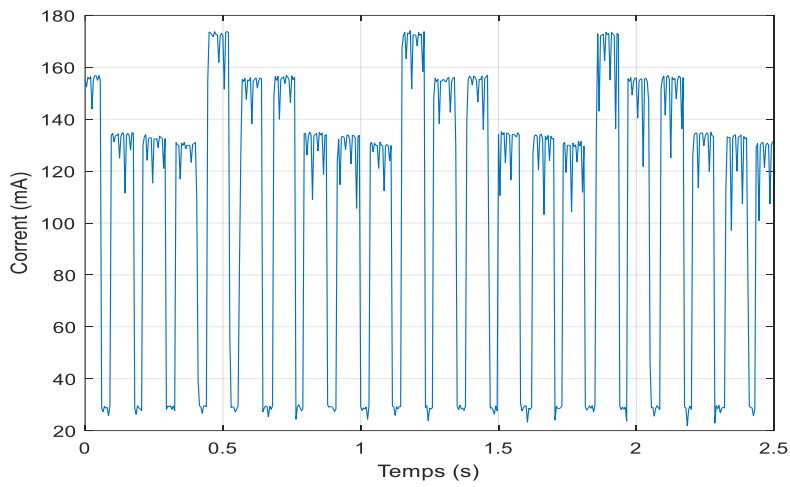
Es per això que en cada línia hi hauran 2 carregadors 4 enganxats, tal com es mostra a la figura



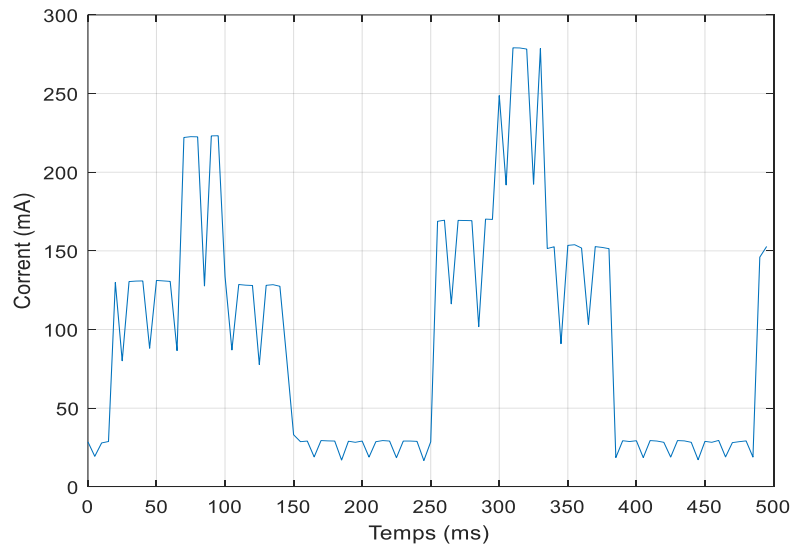
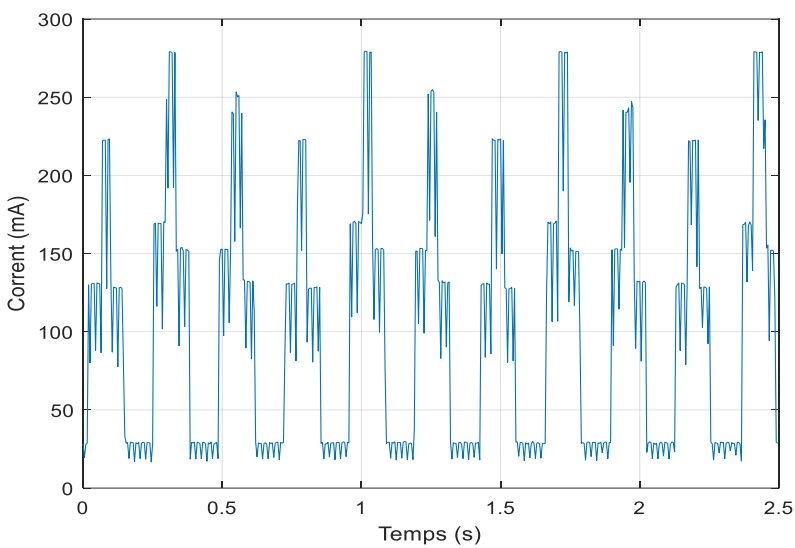
Fig. 21. Fotografies resultat final carregador 4.



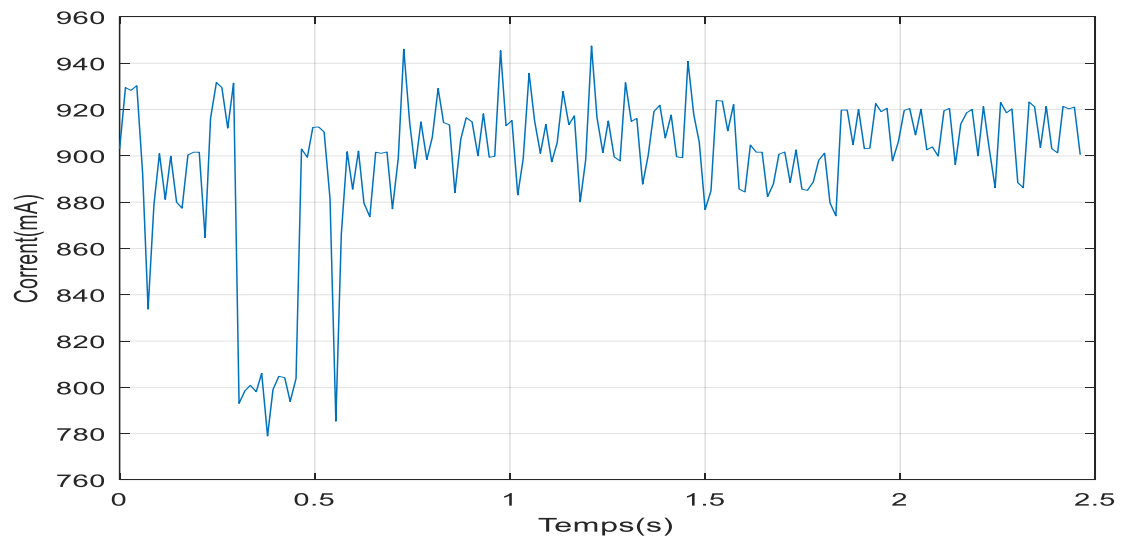
### Resultats consum de corrent en el temps.



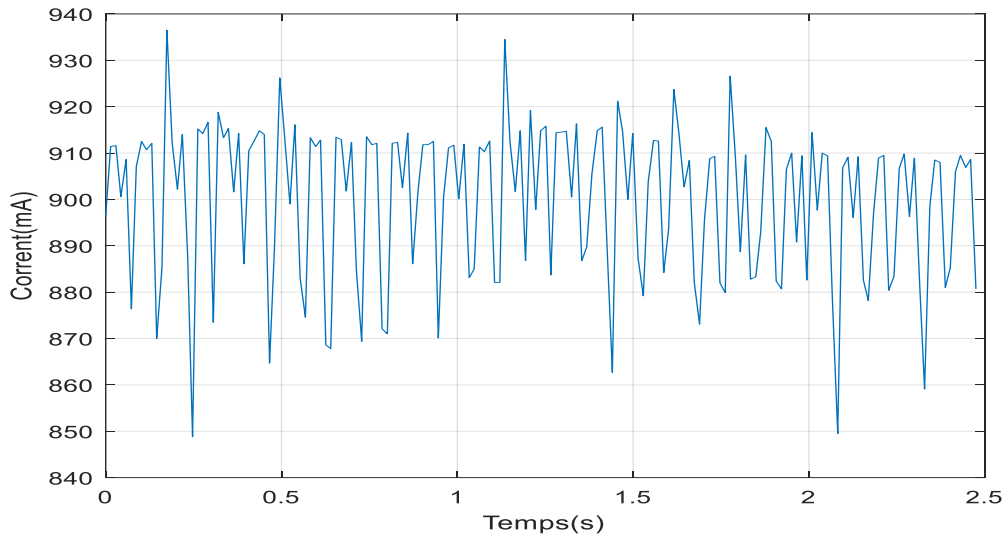
*Fig. 22. Consum de corrent sense carregar conjunt de bobines juntes 1.*



*Fig. 23. Consum de corrent sense carregar conjunt de bobines juntes 2.*



*Fig. 24. Consum de corrent carregant conjunt de bobines juntes 1.*



*Fig. 25. Consum de corrent carregant conjunt de bobines juntes 2.*

En les figures 26 i 27, es mostra el comportament de les bobines al no carregar cap dispositiu. Com es pot observar, el comportament de la corrent varia en funció del moment en que s'observi. Això es degut a que, cada carregador genera una senyal intermitent de camp electromagnètic per a detectar si hi ha algun dispositiu proper que es pugui carregar. Aquesta senyal es tradueix en un tren de polsos al mirar la corrent que arriba a cada conjunt de bobines. Al ajuntar dos conjunts de bobines que treballen amb el mateix sistema de detecció, aquest tren de polsos es veu duplicat al sensor de corrent. Es per això que la gràfica de corrent en funció del temps mostra aquestes formes tant diverses. Concretament, en la figura 26 es pot observar com les dos senyals no estan superposades, mentre que en la figura 27 les dos senyals es superposen i en conseqüència el valor del corrent augmenta.

En la figura 28 i 29 per altra banda, es mostra el comportament de les bobines al carregar un dispositiu electrònic. Encara que el telèfon estigui a prop dels dos carregadors, s'ha observat que només es capaç de rebre el camp electromagnètic d'un carregador a la vegada.

#### 4.2.1.8.-Sensor de corrent.

Es tracta del sensor fabricat per *Adafruit Industries*, Anomenat INA-219.

##### 4.2.1.8.1.-Funcionament bàsic.

Es tracta d'un sensor que permet mesurar la tensió, intensitat i potencia en circuits electrònics.

Format per una resistència shunt, un amplificador de guany variable i un convertidor analògic de 12 bits. La seva comunicació la fa mitjançant IC2, això facilita la connexió amb el processador Arduino.

El ADC realitza una mesura tant de la tensió del bus, com de l'alimentació de la carrega y la caiguda de tensió en al resistència shunt originada per la corrent de càrrega. Amb això, el INA219 pot calcular la potencia elèctrica consumida per la carrega, com la multiplicació de la tensió per la intensitat mesurades.

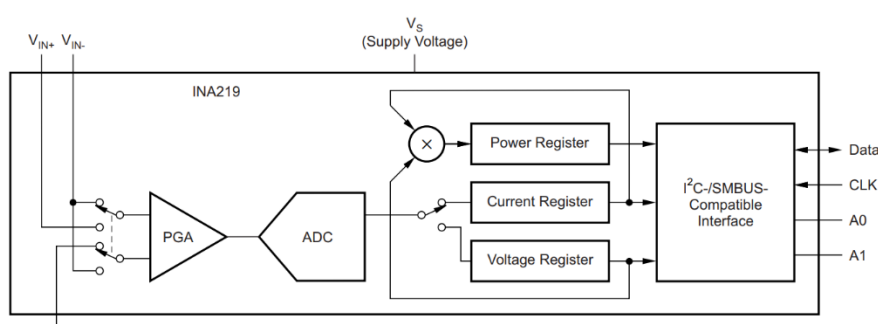


Fig. 26. Esquema funcionament intern INA-219.

##### 4.2.1.8.2.-Funció que realitza dintre del projecte.

La seva funció dintre del projecte serà la detecció de la corrent i el voltatge aportat a la bobina carregadora i d'aquesta manera, poder detectar quan aquesta esta carregant un dispositiu. Això es degut a que en el moment en que la bobina carregui algun dispositiu, la corrent aportada a la bobina augmentarà i serà detectada i enviada al microprocessador.

##### 4.2.1.8.3.-Característiques principals del INA219.

Aquestes son algunes de les característiques<sup>12</sup> mes importants que el fabricant aporta,

<b>Rang de tensions mesurables</b>	0V-16V	Precisió del 0.5% respecte al màxim.
	0V-32V	Precisió del 0.5% respecte al màxim.
<b>Rang de intensitats mesurables</b>	±3.2A	Precisió de 0.8mA
	±400mA	Precisió de 0.1mA
<b>Alimentació</b>	3.3V o 5V	
<b>Tipus de comunicació</b>	IC2	

Taula 16. Característiques principals INA-219

<sup>12</sup> A l'Annex es troba un enllaç al Data Sheet complet.

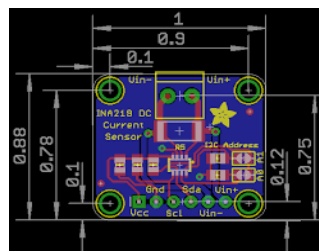
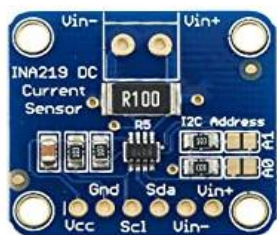


Fig. 27. Fotografia i amidaments INA-219 (Amidaments en polsades)

#### 4.2.1.8.4.-Proves i exemples de control.

Per a comprovar el correcte funcionament del sensor INA219, es va realitzar la següent prova.

Es va muntar un circuit amb valors resistius, de voltatge i d'intensitat coneguts i es van fer mesures mitjançant el INA219.

Les dades proporcionades pel INA es va llegir mitjançant Arduino<sup>13</sup> UNO.

A continuació es mostra un esquema del muntatge fet així com una foto,

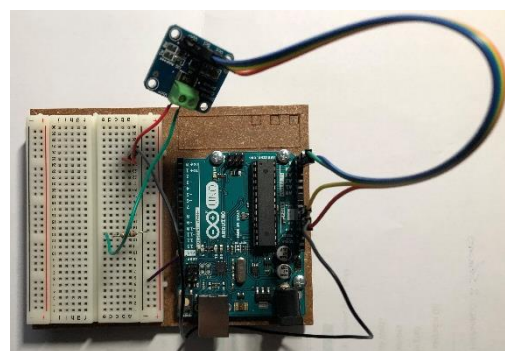
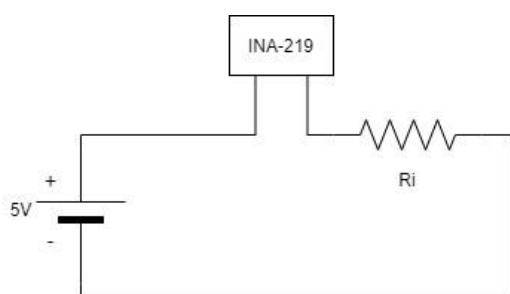


Fig. 28. Esquema sistema muntat i fotografia del muntatge real.

El valor  $R_i$  es va anar variant per obtenir diferents mostres. Aquest son els resultats extrets.

Tipus de Intensitat/ $R_i$	1M $\Omega$	10K $\Omega$	4,7K $\Omega$	560 $\Omega$	220 $\Omega$
Teòrica	5 $\mu$ A	0,5mA	1,06mA	8,92mA	22,7mA
INA219	0-0,10mA	0,6mA	1,10mA	9,4mA	23,7mA

Taula 17. Resum resultats teòrics i del INA-219 en funció de la resistència.

Per a trobar la intensitat teòrica, s'ha aplicat la llei d'ohm,

$$I = \frac{V}{R}$$

Tenint en compte que el voltatge sempre es de 5V i en cada cas es coneix el valor de la intensitat.

Com es pot apreciar, el funcionament encaixa amb les dades proporcionades pel fabricant i per tant es dona per vàlida la prova del sensor així com la seva implantació al projecte.

<sup>13</sup> A l'Annex es troba el codi implementat sota el nom de "Codi\_Tester\_1"



#### 4.2.1.9.-Detecció càrrega de dispositiu.

En aquest apartat s'explica la solució trobada a la pregunta formulada a la introducció: Com detectar si algun dispositiu esta carregant?

La idea principal es detectar quan el camp electromagnètic generat per la bobina es detectat per un dispositiu.

Aquesta detecció, com s'ha mencionat prèviament, es fa mitjançant el sensor INA-219, i ho fa aplicant un fet observat en el comportament dels carregadors sense fils.

Si es col·loca el sensor INA-219 al cable d'alimentació dels carregadors sense fils, aquest detecta un increment en el consum de la corrent quan el camp electromagnètic generat pels carregadors esta sent rebut per un altre dispositiu. En altres paraules, hi ha un augment de corrent quan el carregador sense fils esta carregant un dispositiu electrònic. Per tant, s'utilitzarà aquest fet per determinar en quin moment esta sent carregat un dispositiu.

Aquest comportament es pot apreciar en les figures 25, 26, 27 i 28 de l'apartat anterior.

#### 4.2.1.10.-Velocitat màxima de moviment del carregador.

En aquest apartat s'explica com respondre a la pregunta formulada a la introducció: Es suficientment rapida la detecció de que esta carregant enfront a la velocitat de moviment del carregador?

En una prova preliminar, es va poder apreciar que la velocitat de detecció de carrega es suficientment elevada com per a que el carregador sense fils es pugui desplaçar a una velocitat suficientment elevada.

Mes endavant en aquest projecte, s'ajustarà la velocitat màxima a la que pot anar el carregador i s'analitzaran els resultats mitjançant gràfiques obtingudes amb dades empíriques.

#### 4.2.1.11.-Detecció de l'estat de la bateria del dispositiu mitjançant el consum del carregador.

En aquest apartat s'explica com respondre a la pregunta formulada a la introducció: Es possible conèixer la carrega del dispositiu amb el consum de la bobina?

Per a poder contestar aquesta pregunta es va realitzar el següent estudi:

Es va enregistrar la quantitat de corrent que arribava a les bobines mentre es carregava un dispositiu amb diferents percentatges de bateria.

En la següent pagina es mostren els resultats.

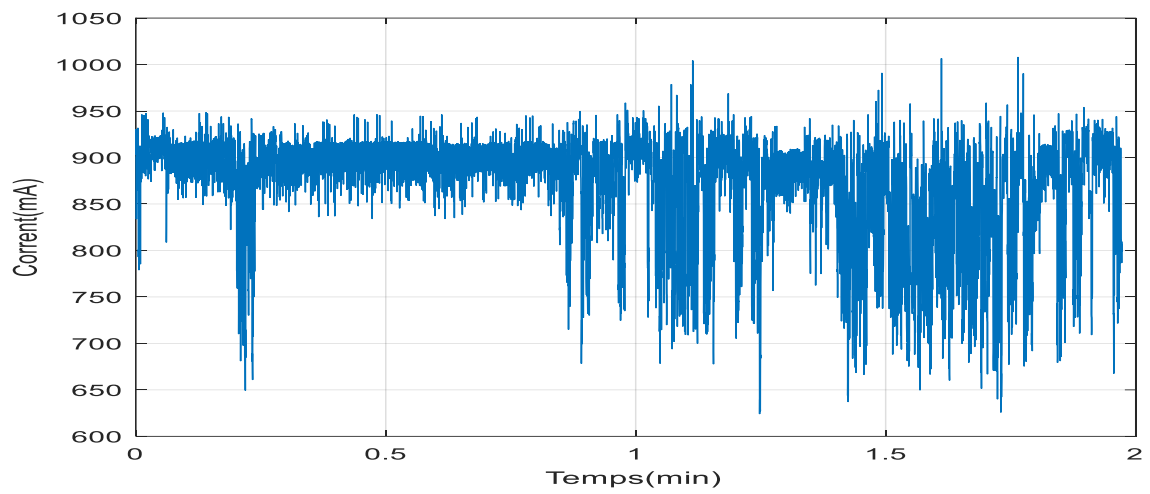


Fig. 29. Càrrega de dispositiu al 95%

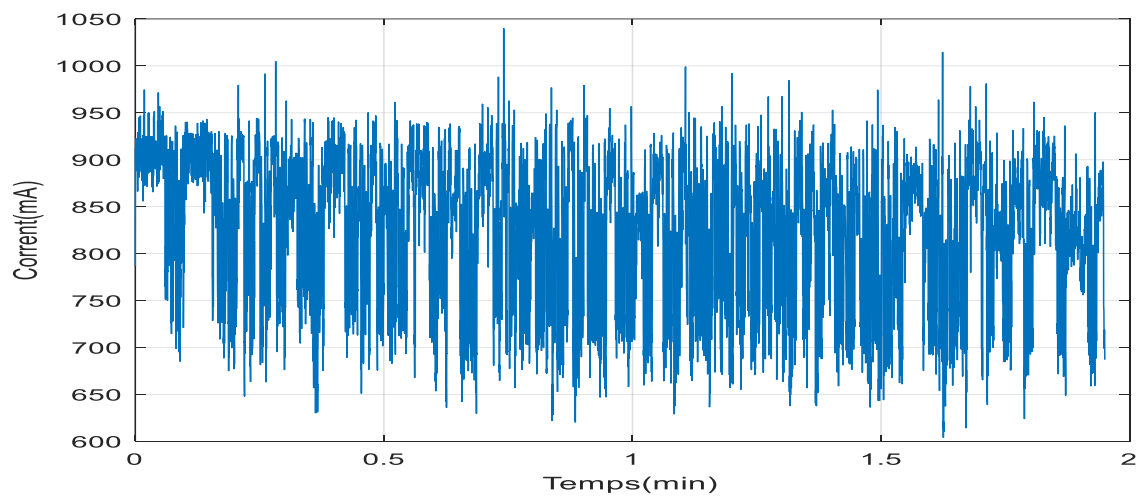


Fig. 30. Càrrega dispositiu al 70%

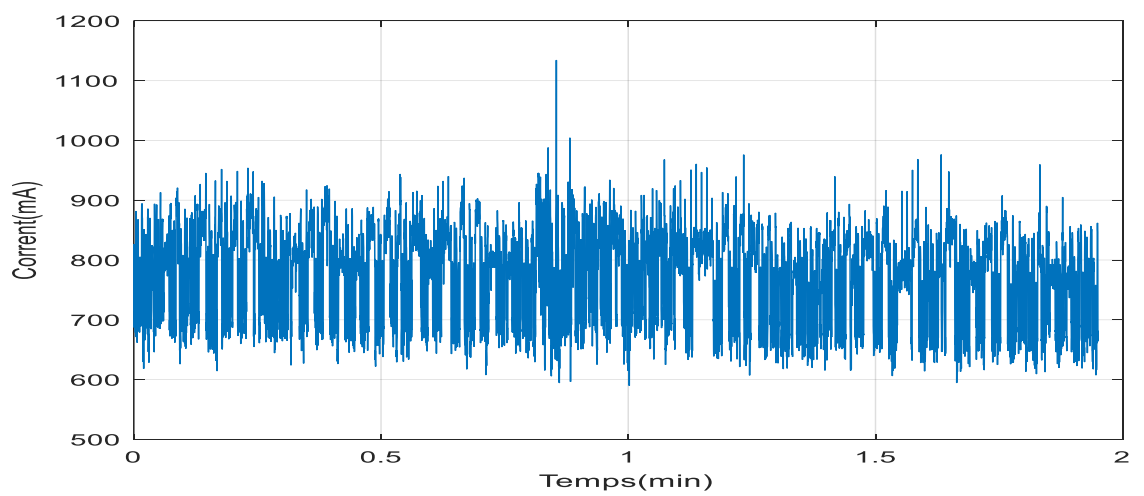


Fig. 31. Càrrega de dispositiu al 50%

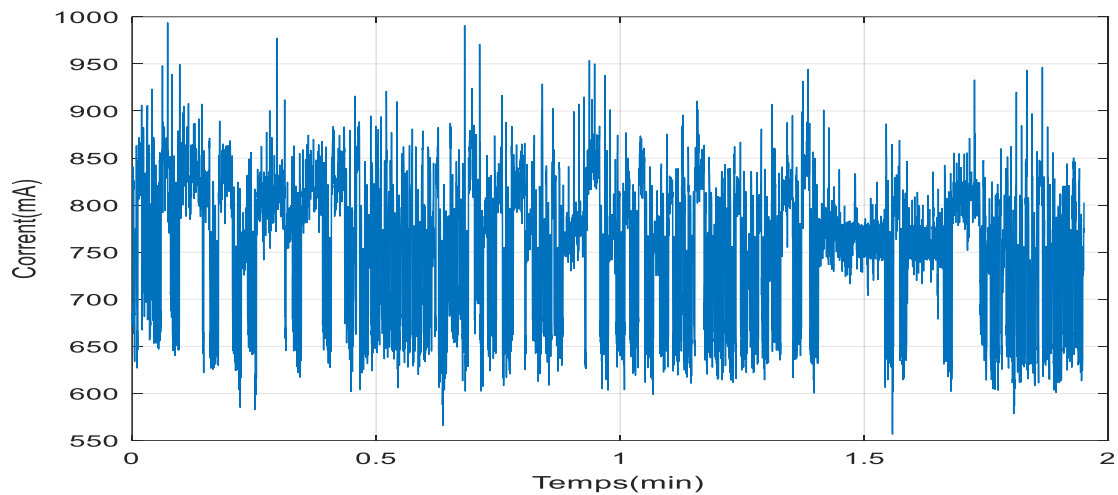


Fig. 32. Càrrega dispositiu al 30%

Com es pot apreciar en les anteriors figures, la quantitat d'intensitat que demanda la bobina es manté relativament constant als canvis de quantitat de càrrega dels dispositiu a carregar. Es per això que es pot afirmar i a l'hora respondre a la pregunta prèviament formulada que no es possible detectar en quin estat de percentatge de càrrega es troba el dispositiu a carregar.

No obstant, si que es coneix es quan un dispositiu esta carregat al 100% degut a que ja no admet mes càrrega, no accepta el camp electromagnètic i en conseqüència no hi ha un augment en el corrent que arriba a les bobines.

D'altra banda, el prototip no es capaç de diferencia entre l'absència de dispositiu a carregar i un dispositiu totalment carregat.

## 4.3.-Etapa III.

### 4.3.1.-Primera part

Com s'ha mencionat en la introducció, la primera part de l'etapa III del projecte es basarà en el disseny 3D de la taula així com dels components mecànics necessaris per al seu funcionament.

Aquesta etapa s'ha dividit en 4 parts.

1. Disseny de l'estructura de la taula.
2. Dibuix 3D dels components electrònics.
3. Llistat i disseny de peces per al funcionament mecànic.
4. Resultat final.

#### 4.3.1.1-Disseny de l'estructura de la taula.

En la base del projecte es van definir les següents dimensions de la taula,

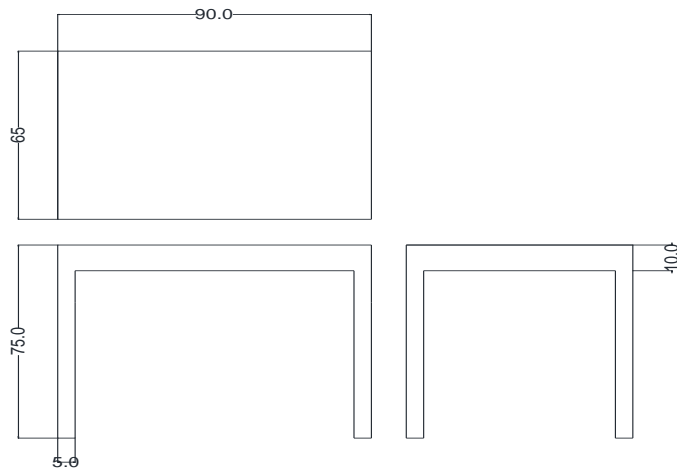


Fig. 33. Esquema dimensions de la taula.

A continuació es mostra la representació de l'estructura de la taula en 3D.

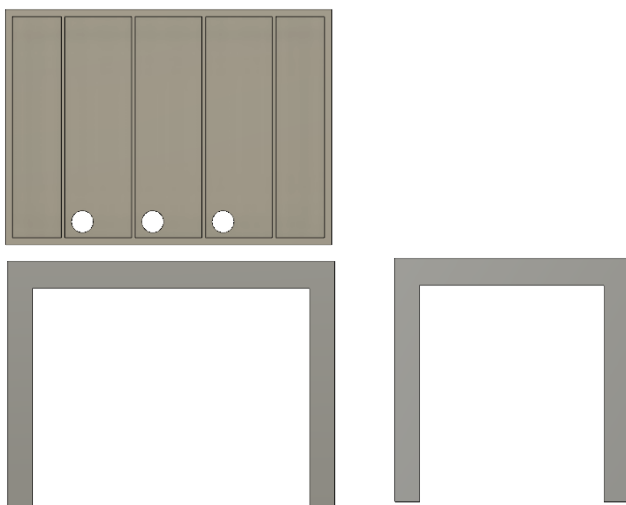


Fig. 35. Estructura 3D de la taula.



Fig. 34. Vista general estructura 3D de la taula.

#### 4.3.1.2.-Dibuix 3D dels components electrònics.

En el disseny de la taula, hi ha certs components esmentats en apartats anteriors que s'han de tenir en compte a l'hora de fer el disseny.

En concret son els següents.

- Motor pas a pas.
- Microcontrolador.
- Controlador de motor.
- Sensor final de carrera.

Degut a aquest fet, es important que apareguin unes rèpliques exactes en amidaments en el disseny.

Com que el motor pas a pas i el microcontrolador utilitzats son bastant populars, es van poder trobar repliques 3D ja fetes a la pagina web *Grabcad* per l'usuari *Amine Bouabid* per al motor i la pagina web *Grabcad* l'usuari *Düng Phan* per al microcontrolador.

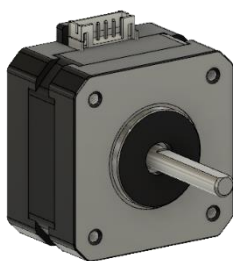


Fig. 37. Model 3D motor pas a pas.

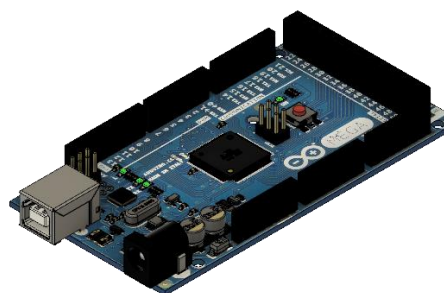


Fig. 36. Model 3D microcontrolador.

#### 4.3.1.3.-Llistat i disseny de peces per al funcionament mecànic

Hi ha una part mecànica de la taula que te la funció de desplaçar amb l'ajuda del motor el carregador sense fils per la guia fins arribar al dispositiu que es vol carregar.

Dintre del conjunt d'aquestes peces, hi han algunes que han estat adquirides, mentre que n'hi han d'altres que s'han dissenyat.

A continuació, es mostra una taula amb els components necessaris per dur a terme aquesta tasca:

Nom	Procedència	Model	Quantitat
Guia	Adquirida	Guia HIWIN MGNR09 L=1200mm Precisió H M/INOX	3
Pati	Adquirida	Pati HIWIN MGN09H prec H- Precar.Z0 M/INOX	3
Corretja	Adquirida	FULARR® Profesional GT2 Dentada, 2mm 6mm	3
Tensor corretja	Pròpia	-	3
Peça superior motor	Pròpia	-	3
Peça tapa superior motor	Pròpia	-	3
Suport carregador	Pròpia	-	3
Peça pati superior	Pròpia	-	3

Taula 18. Llistat components necessaris

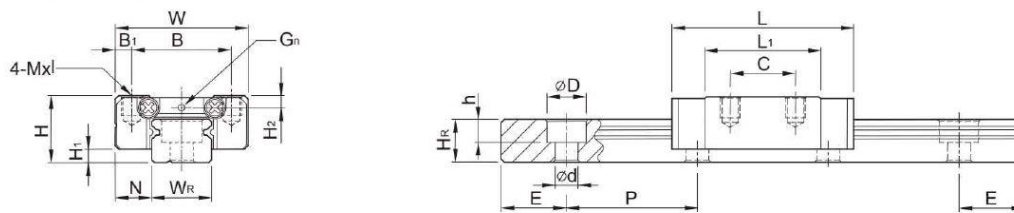
#### 4.3.1.3.1.-Guia i pati

##### Característiques generals.

Encarregada de transportar el pati en una sola direcció, el model triat va ser el fabricat per l'empresa HIWIN, model<sup>14</sup> "MGNR09 L=1200mm Precisió H M/INOX".

El pati circularà per damunt de la guia i a l'hora farà de suport a les peces que sustenten el carregador. El model triat també va ser fabricat per l'empresa HIWIN i es el model<sup>15</sup> "MGN09H prec H- Precar.Z0 M/INOX"

##### MGN7, MGN9, MGN12



Model No.	Dimensions of Assembly (mm)			Dimensions of Block (mm)										Dimensions of Rail (mm)							Mounting Bolt for Rail	Basic Dynamic Load Rating	Basic Static Load Rating	Static Rated Moment			Weight	
																								M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	Block	Rail
	H	H <sub>1</sub>	N	W	B	B <sub>1</sub>	C	L <sub>1</sub>	L	G	G <sub>1</sub>	MxL	H <sub>2</sub>	W <sub>z</sub>	H <sub>r</sub>	D	d	h	P	E	(mm)	C(kN)	C <sub>2</sub> (kN)	N-m	N-m	N-m	kg	kg/m
MGN 3C	4	1	2.5	8	-	-	3.5	7	11.3	-	-	M1.6x1.3	-	3	2.6	M1.6 THRU	10	5	M1.6	0.29	0.44	0.7	0.5	0.5	0.001	0.05		
MGN 3H							5.5	11	15.3			M2x1.3								0.39	0.68	1.0	1.3	1.3	0.002			
MGN 7C	8	1.5	5	17	12	2.5	8	13.5	22.5	-	Ø1.2	M2x2.5	1.5	7	4.8	4.2	2.3	2.4	15	5	M2x6	0.98	1.24	4.70	2.84	2.84	0.010	0.22
MGN 7H							13	21.8	30.8													1.37	1.96	7.64	4.80	4.80	0.015	
MGN 9C	10	2	5.5	20	15	2.5	10	18.9	28.9	-	Ø1.4	M3x3	1.8	9	6.5	6	3.5	3.5	20	7.5	M3x8	1.86	2.55	11.76	7.35	7.35	0.016	0.38
MGN 9H							16	29.9	39.9													2.55	4.02	19.60	18.62	18.62	0.026	
MGN 12C	13	3	7.5	27	20	3.5	15	21.7	34.7	-	Ø2	M3x3.5	2.5	12	8	6	4.5	3.5	25	10	M3x8	2.84	3.92	25.48	13.72	13.72	0.034	0.65
MGN 12H							20	32.4	45.4													3.72	5.88	38.22	36.26	36.26	0.054	
MGN 15C	16	4	8.5	32	25	3.5	20	26.7	42.1	4.5	M3	M3x4	3	15	10	6	4.5	3.5	40	15	M3x10	4.61	5.59	45.08	21.56	21.56	0.059	1.06
MGN 15H							25	43.4	58.8													6.37	9.11	73.50	57.82	57.82	0.092	

Fig. 38. Característiques principals guia pati.

A continuació es mostra la representació en 3D dels components.

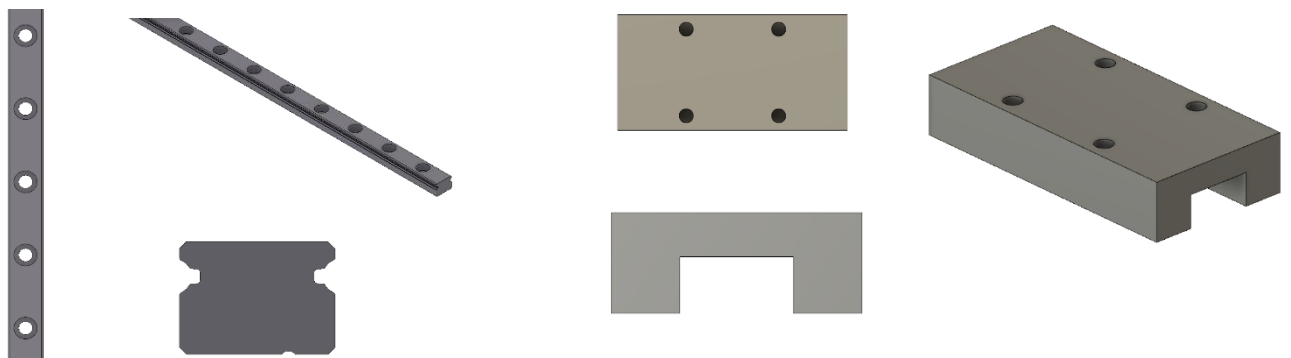


Fig. 39. Model 3D guia pati.

<sup>14</sup> A l'annex es troba el datasheet complert del component.

<sup>15</sup> A l'annex es troba el datasheet complert del component.

#### 4.3.1.3.2.-Tensor corretja.

Peça situada al final de la corretja per poder mantenir aquesta amb la tensió adequada.

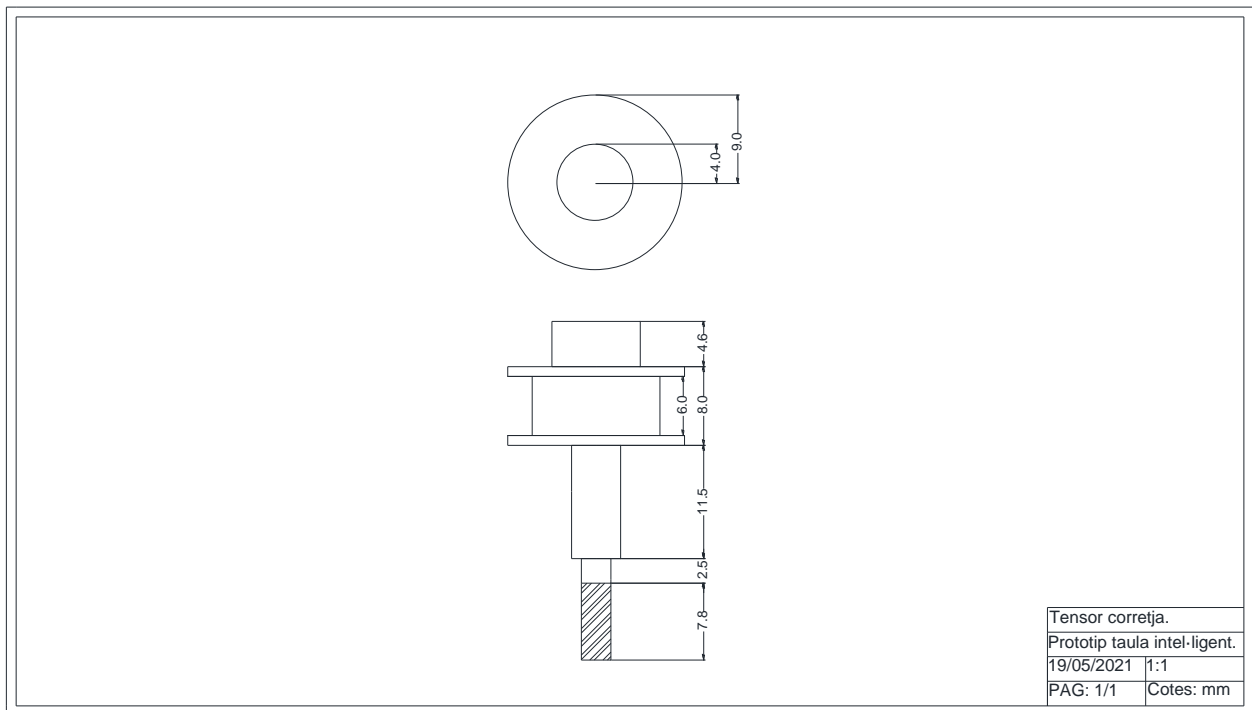


Fig. 40. Acotació tensor corretja.

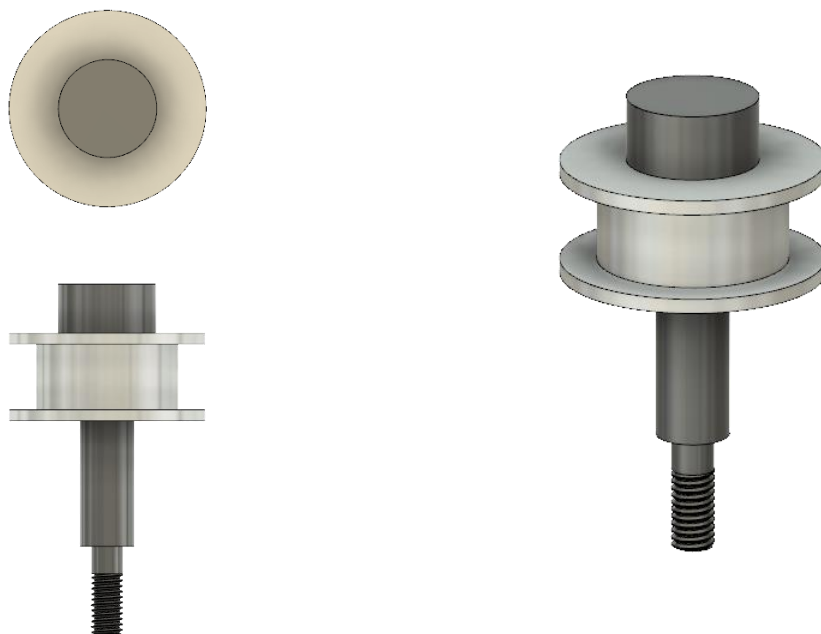


Fig. 41. Model 3D tensor corretja.

#### 4.3.1.3.3.-Peça superior motor tensor corretja.

Peça situada sobre per mantenir la corretja tensa.

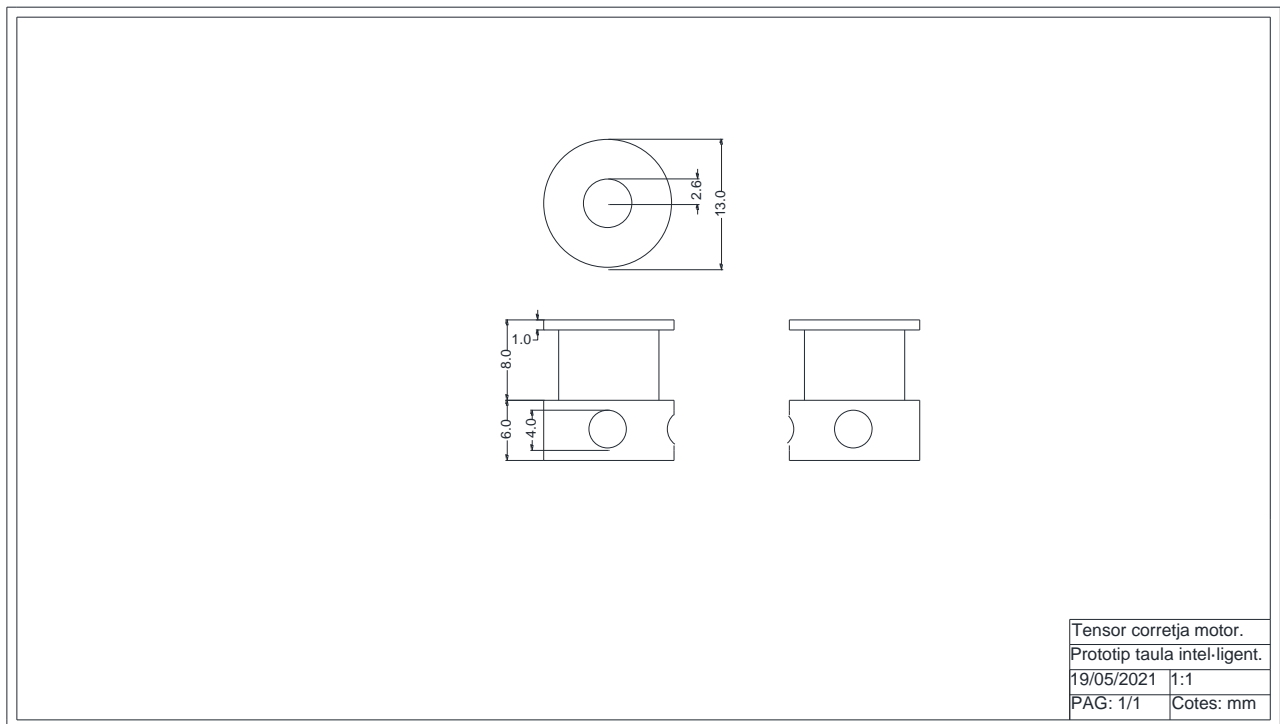


Fig. 42. Acotació peça superior motor tensor corretja.

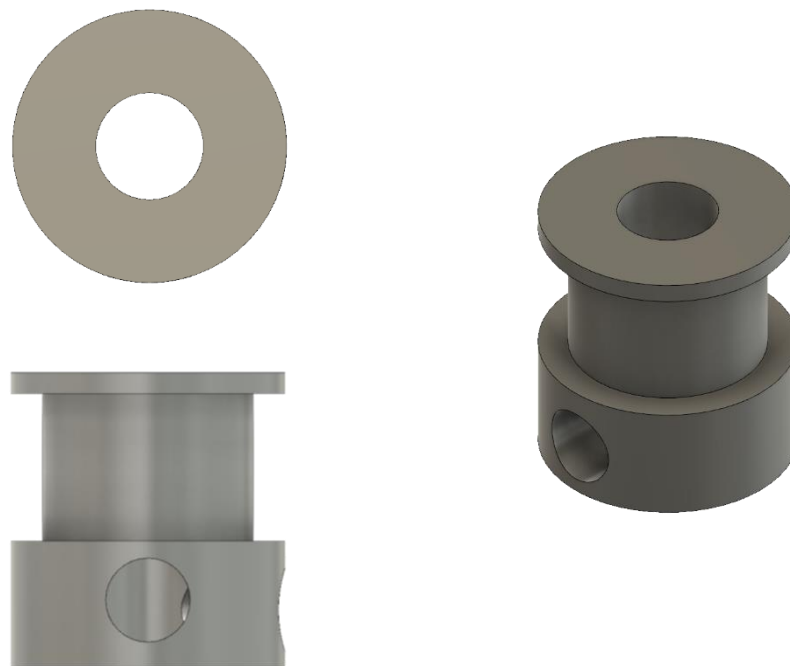
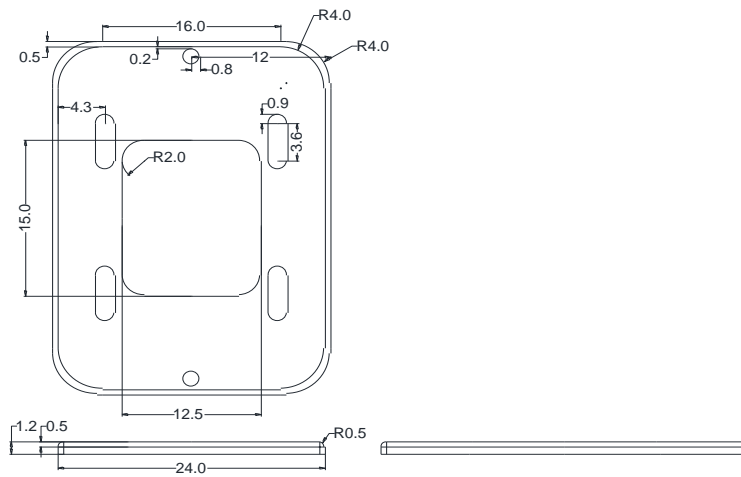


Fig. 43. Model 3D peça superior motor tensor corretja.



#### 4.3.1.3.4.-Peça tapa superior motor.

Peça que s'encarrega de la subjecció del motor i permet una mica de joc per ajustar la tensió de la corretja.



Suport motor.	
Prototip taula intel·ligent.	
19/05/2021	1:2
PAG: 1/1	Cotes: mm

Fig. 44. Acotació peça tapa superior motor



Fig. 45. Model 3D peça tapa superior motor.

#### 4.3.1.3.5.-Suport carregador

Peça encarregada la subjecció del carregador sense fils així com la seva electrònica.

Aquesta peça esta dividia en dues parts per a facilitar la seva impressió i per a poder ajustar-la a el gruix final del carregador sense fils. Part superior i part inferior.

Part superior.

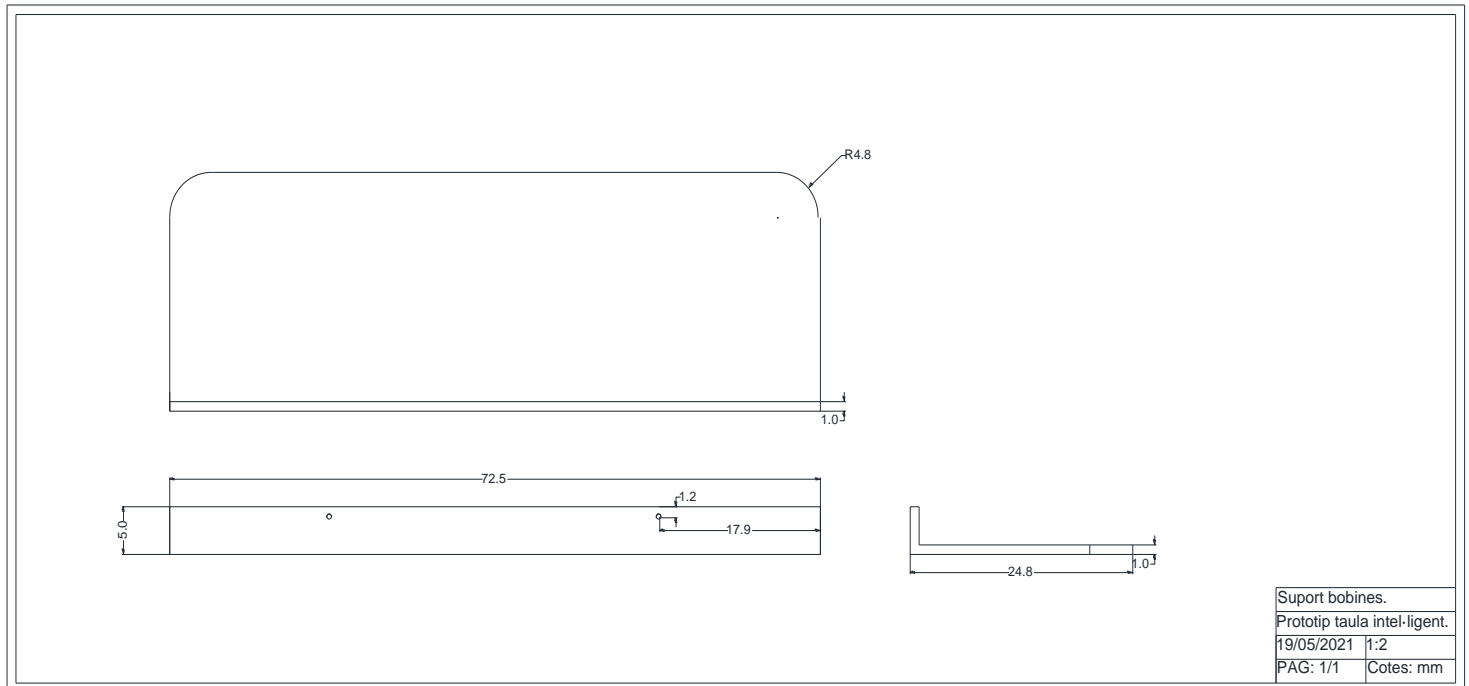


Fig. 46. Acotació suport carregador part superior

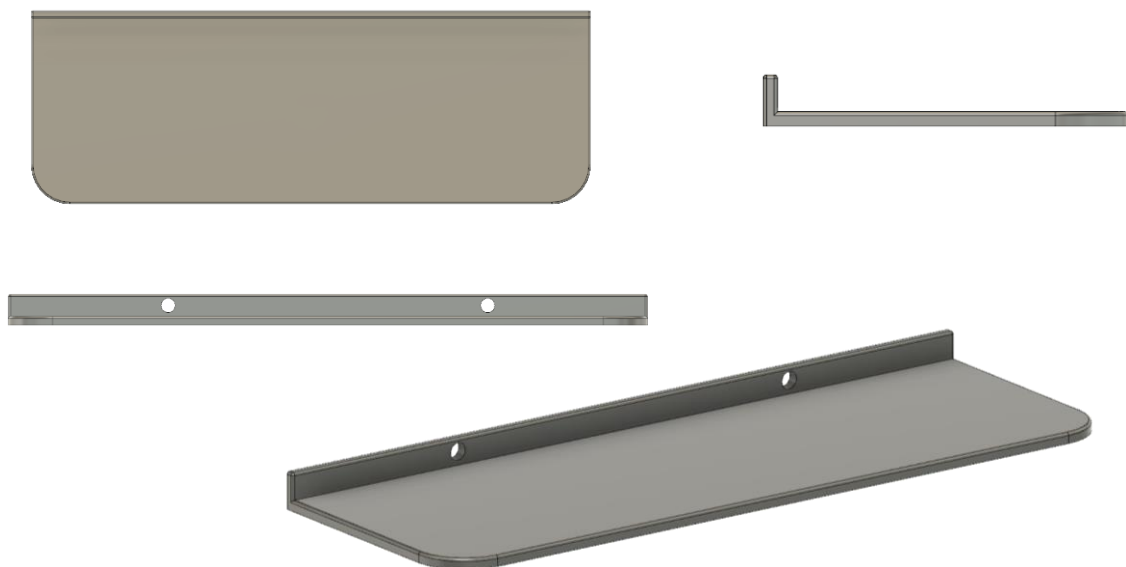


Fig. 47. Model 3D suport carregador part superior

Part inferior.

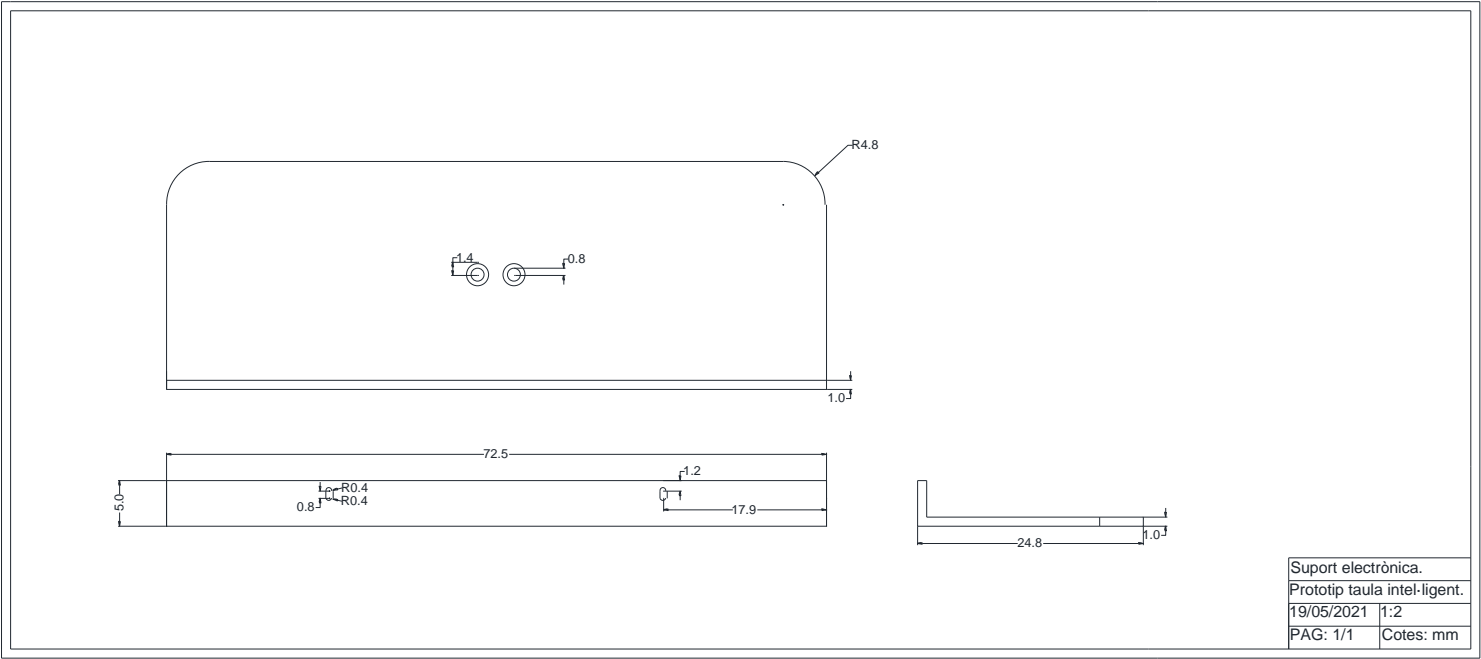


Fig. 48. Acotació suport carregador part inferior.

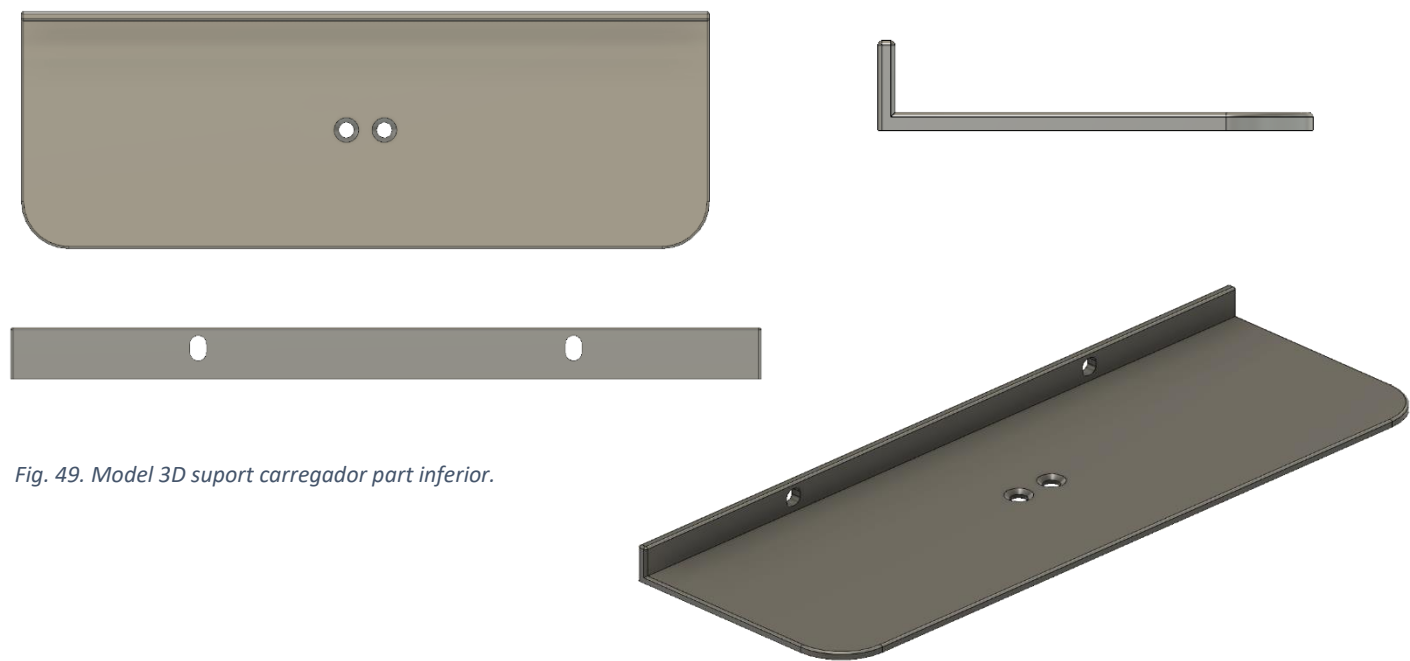


Fig. 49. Model 3D suport carregador part inferior.

4.3.1.3.6.-Peça pati superior.

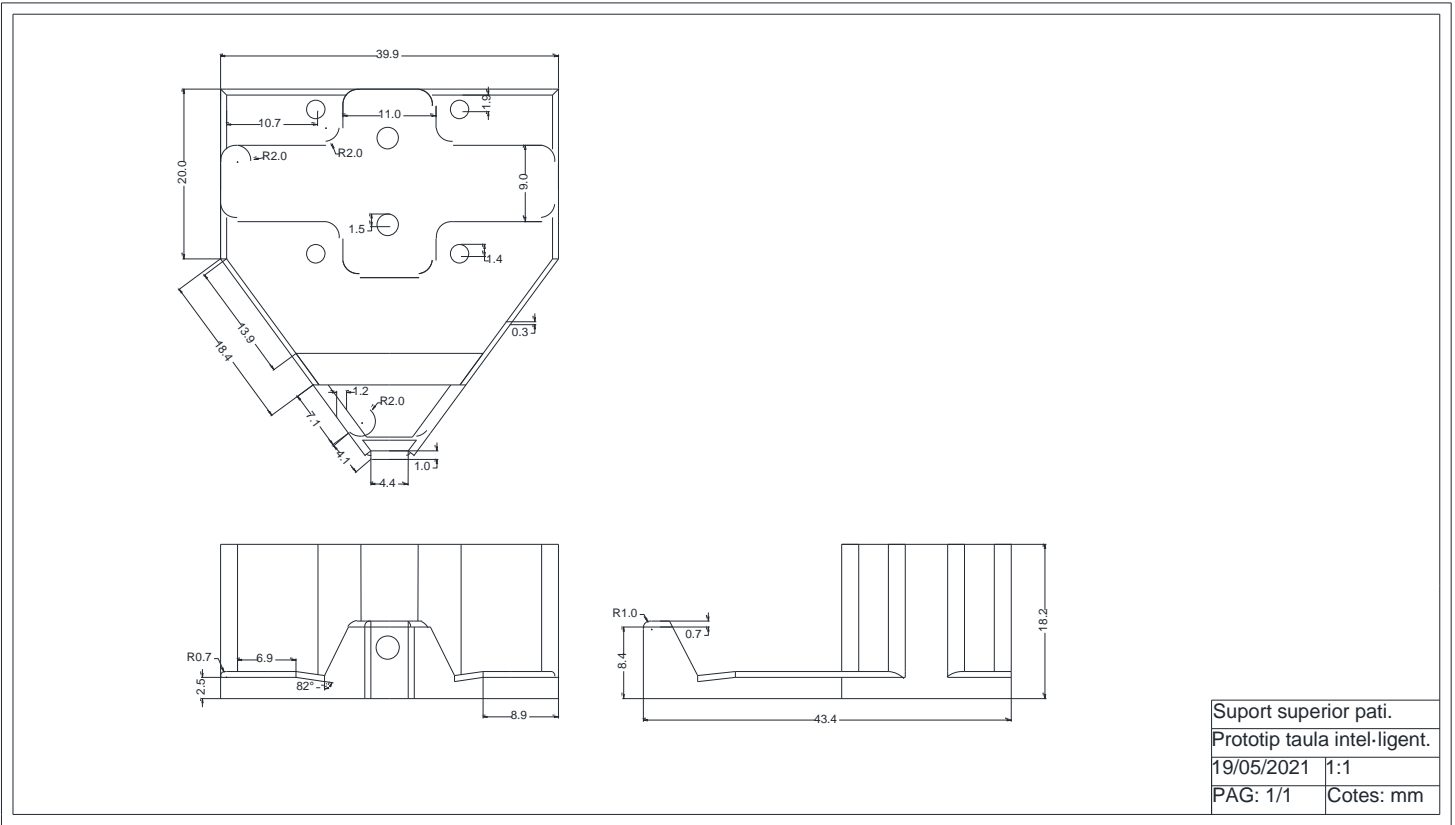


Fig. 50. Acotació peça pati superior.

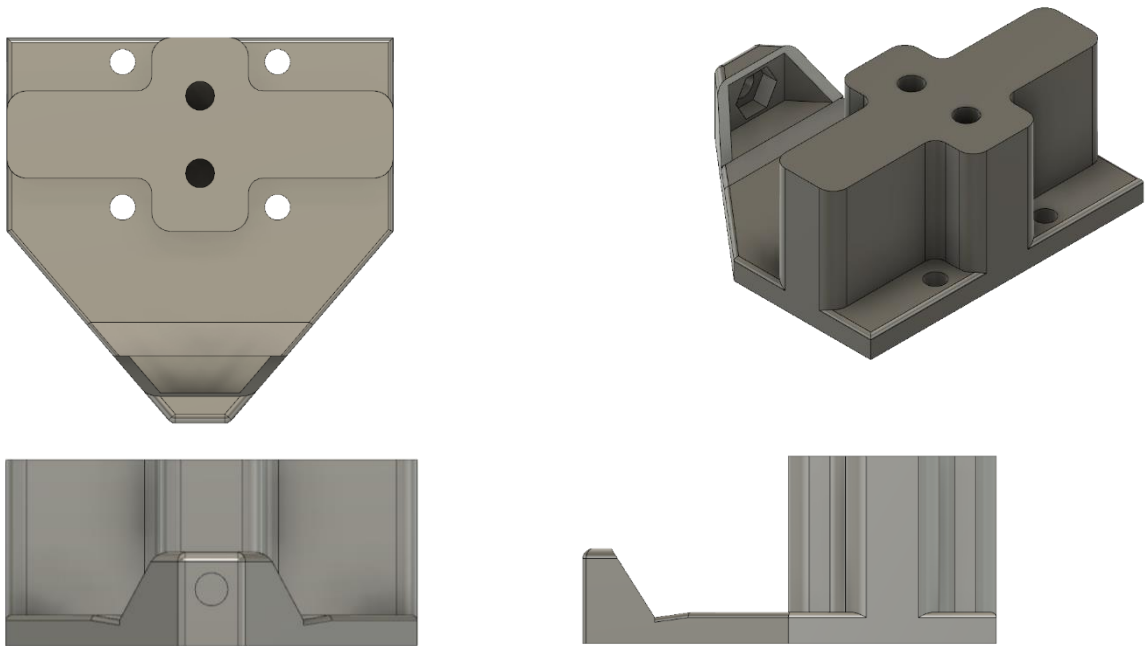


Fig. 51. Model 3D peça pati superior

#### 4.3.1.4.-Resultat final.

A continuació es mostra el resultat del disseny de la taula fet en 3D, amb tots els components prèviament descrits instal·lats.

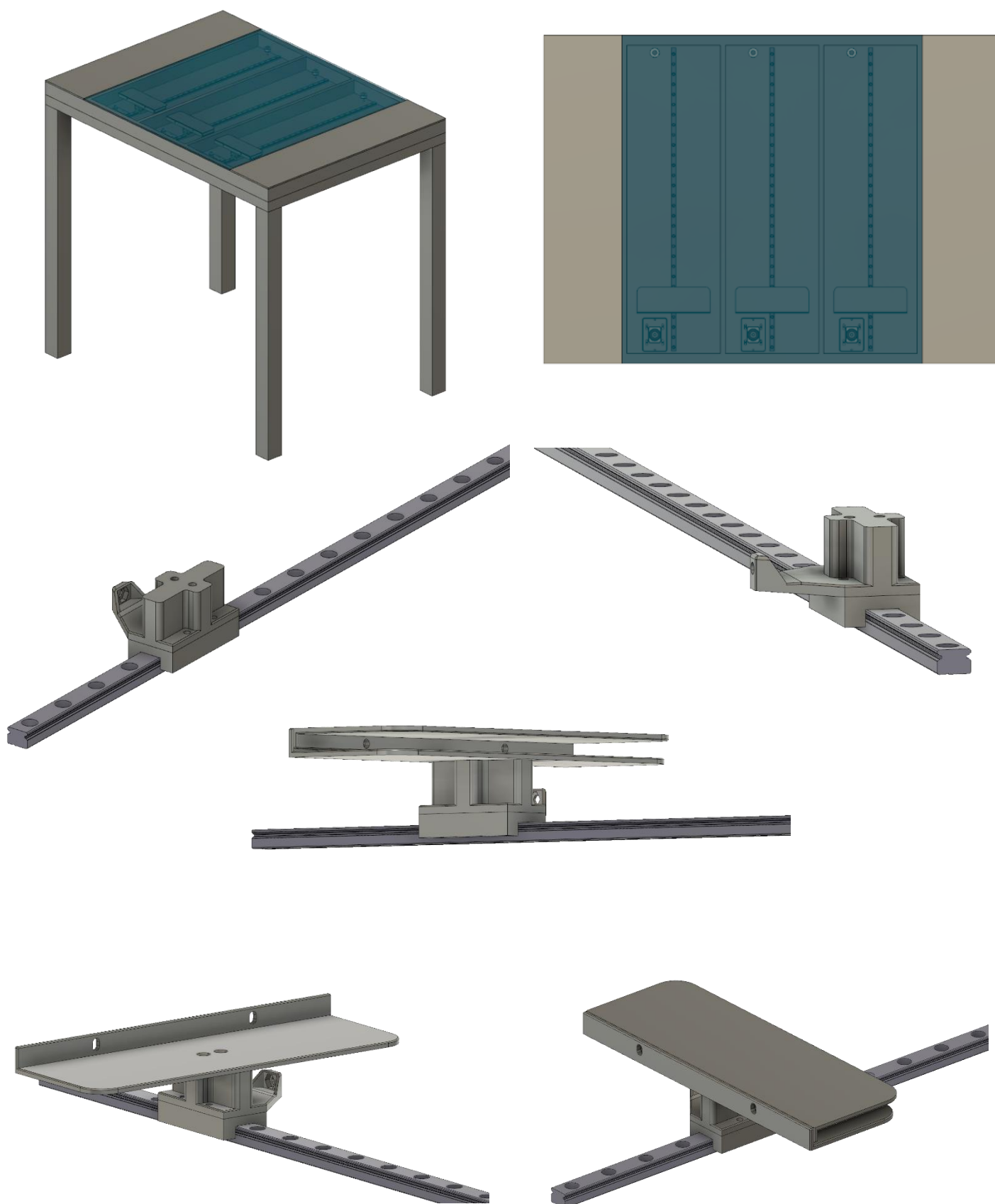


Fig. 52. Imatges resultat final disseny 3D de la taula.

### 4.3.2.-Segona part.

En aquesta segona part de l'etapa III, es documentarà el muntatge del prototip realitzat.

Dividint-se en les següents sub-parts,

1. Definició del prototip.
2. Exposició de les peces.
3. Subcontractacions.
4. Documentació amb fotografies del muntatge pas a pas.

#### 4.3.2.1.-Definició del prototip.

Com ja s'ha mencionat prèviament, degut al disseny de la taula està definit per 3 mòduls independents però exactament iguals, en aquest projecte s'ha decidit muntar un únic mòdul com a prototip.

El mòdul constarà d'una sola línia de carrega i per tant serà capaç de carregar un dispositiu a l'hora.

A continuació, es mostra un esquema acotat del mòdul.

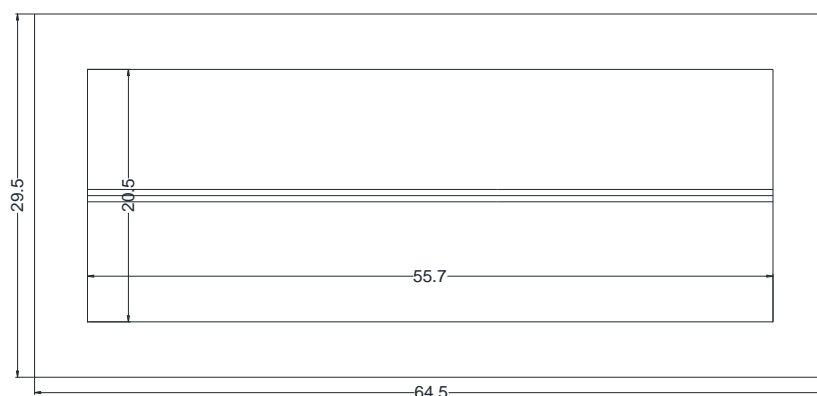


Fig. 53. Esquema acotat del mòdul.

Aquest mòdul estarà format per tots els components anteriorment descrits, però en aquest cas, en número reduït:

Nom	Procedència	Model	Quantitat
Guia	Adquirida	Guia HIWIN MGNR09 L=1200mm Precisió H M/INOX	1
Pati	Adquirida	Pati HIWIN MGN09H prec H- Precar.Z0 M/INOX	1
Corretja	Adquirida	FULARR Professional GT2 corretja dentada de goma	1
Tensor corretja	Pròpia	-	1
Peça superior motor	Pròpia	-	1
Peça tapa superior motor	Pròpia	-	1
Suport carregador	Pròpia	-	1
Peça pati superior	Pròpia	-	1

Taula 19. Material mecànic necessari per al mòdul.

#### 4.3.2.2.--Exposició de les peces.

A continuació es mostra el resultat de les peces dissenyades en la primera part d'aquesta fase.



Fig. 54. Resultat en fotografies de les peces.

#### 4.3.2.3.-Subcontractació

En la introducció del treball es va mencionar la necessitat de contractar professionals per a realitzar les tasques de manufacturació del vidre i el muntatge amb fusta de l'estructura del prototip.

Per la banda del vidre, es va contactar amb l'empresa VITRAL Grup, que a part de proporcionar unes mostres de cortesia per poder experimentar amb els diferents grossors de vidre, va subministrar dues planxes de la mida indicada, una de 4mm i l'altra de 6mm amb els cantons polits.

Per al muntatge del prototip es va optar per un fuster que amb l'ajuda d'uns plànols prèviament dissenyats va completar l'estructura.

#### 4.3.2.3.-Documentació i explicació de muntatge del prototip pas a pas.

En primer lloc, es va elaborar la base del mòdul, aquesta es va fabricar amb un taulell de DM.

En aquest taulell es va acoblar la guia, el motor (amb la seva corresponent peça de subjecció i peça d'adaptació per a la corretja), el tensor de motor, el sensor de final de carrera, el pati, la peça del pati superior i la corretja (ajustada amb la llargària adequada).



Fig. 55. Fotografia muntatge prototip.

Seguidament, es van incorporar les parets per al prototip on posteriorment recolzarà el vidre, a continuació es mostra un esquema amb les dimensions desitjades per a les parets. L'altura d'aquestes parets ha sigut calculada tenint en compte l'altura del conjunt peça pati superior mes suport carregador. També es va acabar el muntatge del suport del carregador i ajustar l'altura per a que l'electrònica dels carregadors encaixes correctament.

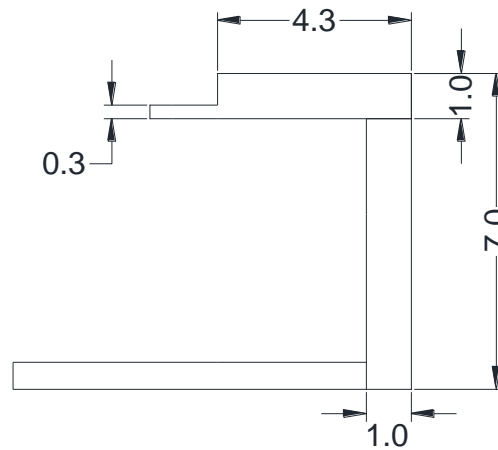


Fig. 56. Esquema acotat parets de mòdul Totes les acotacions en cm.

El muntatge de les parets va ser realitzat per un fuster. A continuació es mostra el resultat,

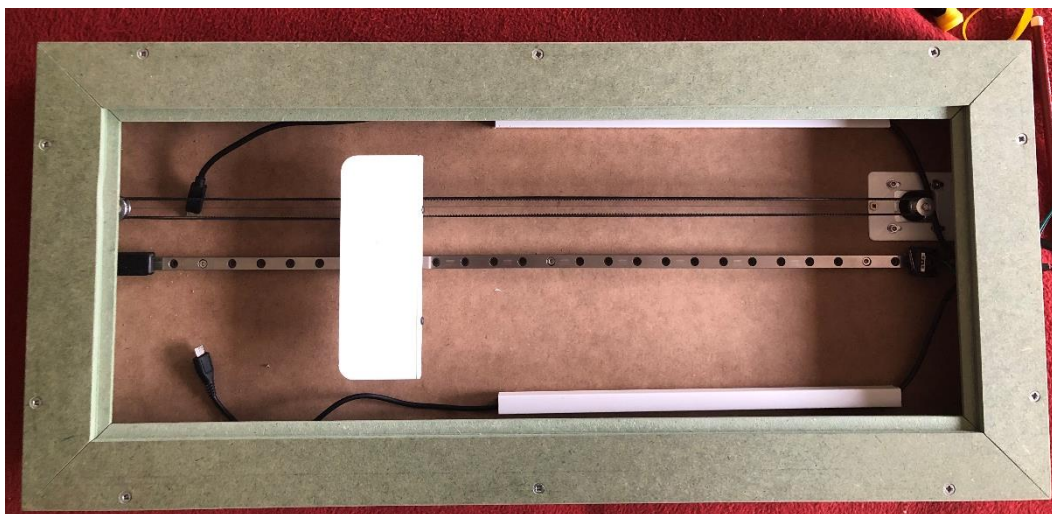
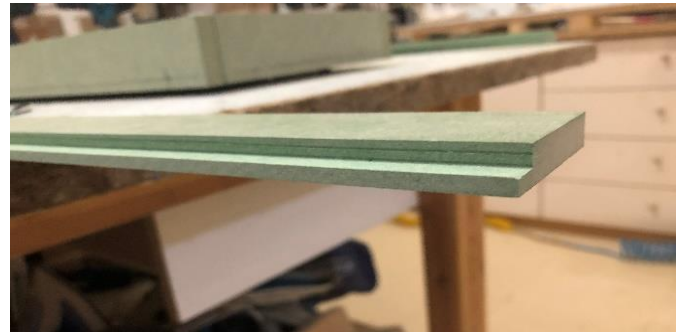
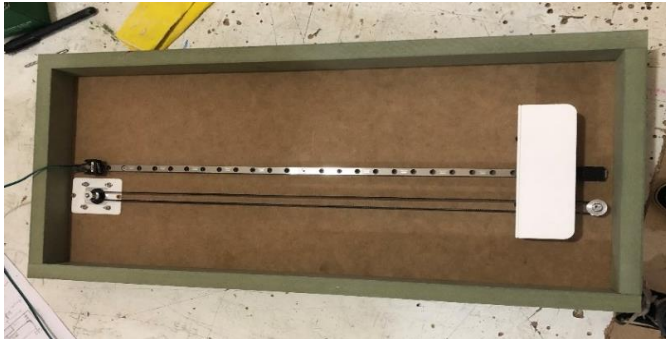
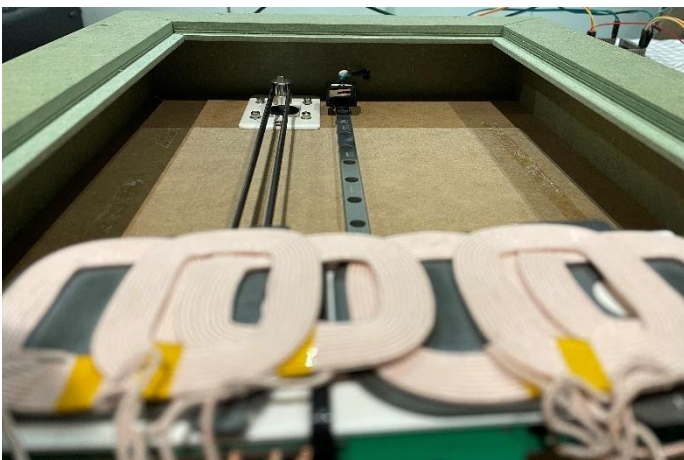
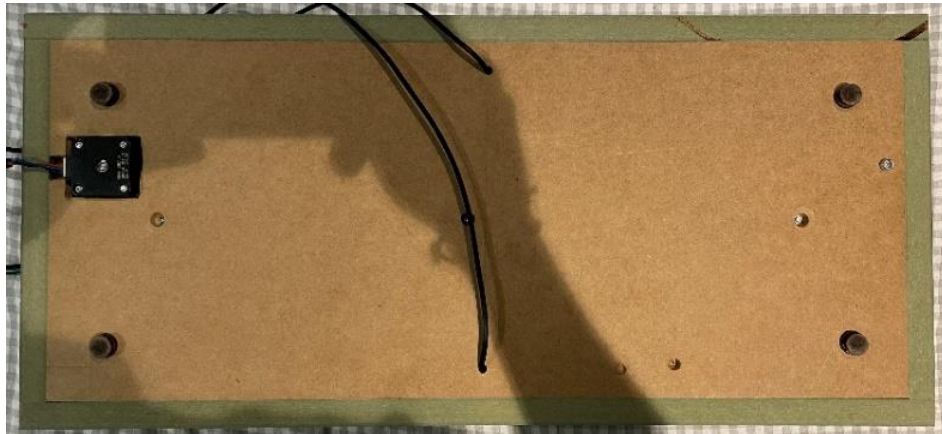
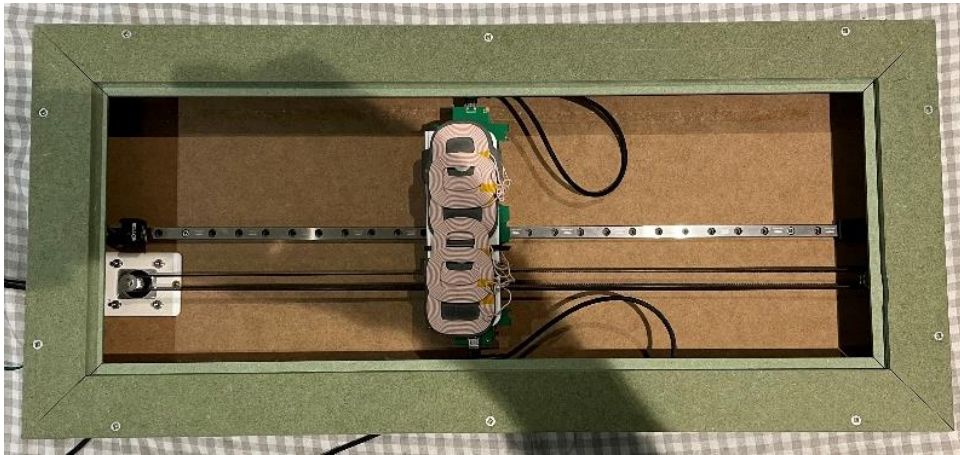


Fig. 57. Fotografies muntatge mòdul.



Amb les parets del prototip muntades, es van muntar les bobines junt amb la seva electrònica. Ademés, es van habilitar dos forats per als cables d'alimentació dels carregadors, situats a la meitat de la part inferior del mòdul per a facilitar el seu desplaçament.



A continuació es va incorporar el vidre previament encomanat.



## 4.5.-Etapa IV. Desenvolupar el programa.

En aquesta etapa es vol dissenyar<sup>16</sup> i justificar el codi emprat per al control del prototip.

### 4.5.1.-Funcions bàsiques del programa.

Com s'explica en la introducció del projecte, el comportament general de la taula es pot representar de manera simplificada en el diagrama de la figura 57, que també servirà per estructurar les diferents funcions que el prototip ha de complir.

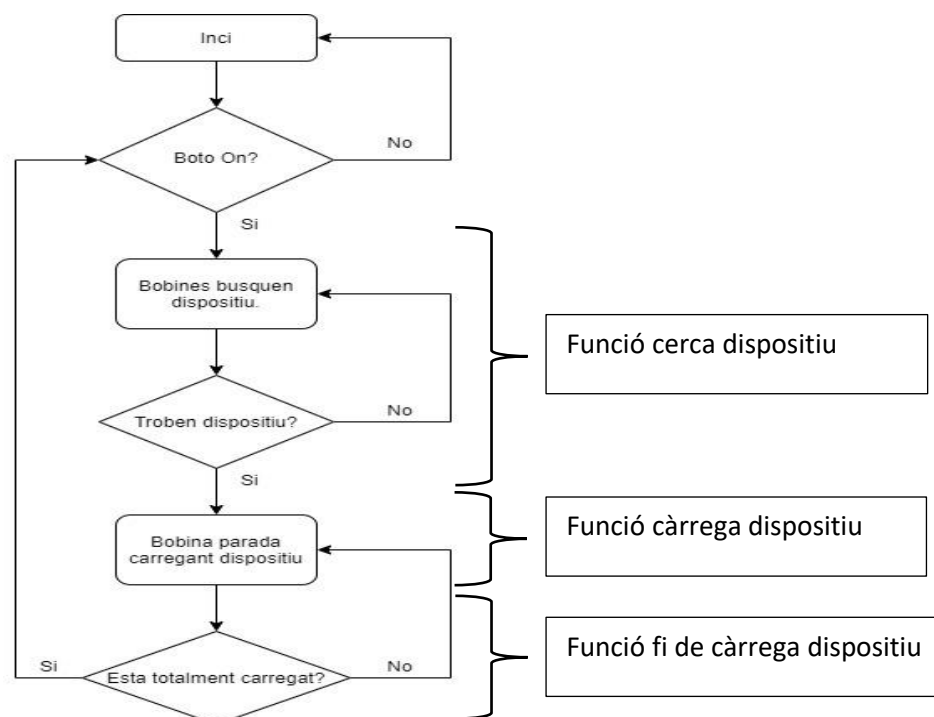


Fig. 58. Diagrama comportament prototip.

### 4.5.2.-Funció cerca del dispositiu.

#### Idea principal.

Aquesta funció del comportament de la taula consisteix en la cerca del dispositiu en la seva superfície. Per a realitzar aquesta tasca, en primer lloc es situa el carregador a la posició <sup>17</sup>“zero màquina”<sup>18</sup> i es fa un escombreig per tota la seva superfície analitzant a cada pas si es detecta algun dispositiu. En el cas de no trobar-n’hi cap, el carregador tornarà a la seva posició de zero màquina i esperarà 2 minuts a tornar a fer un altra cerca. Aquest procés es repetirà tres vegades. La quarta vegada, el temps d’espera augmentarà a 5 minuts.

<sup>16</sup> El codi implementat es troba a l’annex sota el nom “Codi\_taula\_v1”

<sup>17</sup> Això es fa per a poder tenir una referencia inicial de posició del carregador i així conèixer la posició d’aquest en qualsevol moment.

<sup>18</sup> Al final de l’apartat 4.5.2 s’explica el funcionament del “zero màquina”

### Implementació de la funció.

A l'hora d'implementar aquesta funció s'ha de tenir en compte les següents punts:

- Polsos que ha de fer el motor pas a pas per a recórrer tota la superfície de càrrega.
- Velocitat màxima de desplaçament per a poder detectar dispositius.

Pel que fa la primera qüestió, es van comptar els polsos mitjançant un algoritme<sup>19</sup> programat en Arduino i es va concloure que els polsos necessaris per arribar a l'altre extrem de la guia son 48000.

La velocitat màxima de desplaçament es va esbrinar de manera empírica. Determinant la única variable que determinarà la velocitat de desplaçament del carregador:

- Cada quants polsos es llegeix dades del sensor de corrent.

Per entendre-ho millor, s'exposa una part del codi implementat:

```
digitalWrite(STEPPin, HIGH);  
delayMicroseconds(Velocitat);  
digitalWrite(STEPPin, LOW);  
delayMicroseconds(Velocitat);  
Fun_LlegirSensor();
```

Fig. 59. Part de codi implementat 1.

```
void Fun_LlegirSensor() {  
  
    //llegir estat actual del INA  
    current_mA = ina219.getCurrent_mA();  
  
    if(current_mA > 500) {  
        Fun_Carregar();  
    }  
}
```

Fig. 60. Part de codi implementat 2.

En la figura 58 es mostra el que s'ha considerat un pas del motor. Per anar d'una punta a l'altra son necessaris, com ja s'ha mencionat, 48.000 passos. Per tant, si es fes com es mostra en aquesta figura, es preguntaria 48.000 vegades al sensor de corrent quina es el corrent que circula. Això, encara que ser una solució factible per al comportament del prototip, implica una velocitat de desplaçament del carregador relativament baixa, o si mes no, un codi poc optimitzat, degut a que no es necessari avaluar a cada pols l'estat del corrent.

Partint d'aquesta base, es va avaluar experimentalment quin era el valor màxim de polsos que es podien fer sense examinar el corrent i que sempre detectes el dispositiu. Amb aquesta finalitat es va realitzar el següent estudi:

Es va dipositar un dispositiu sempre en la mateixa posició, i es va anar variant la quantitat de polsos sense llegir, enregistrant el nombre de polsos a l'eix de les abscisses i la intensitat detectada a l'eix de les ordenades. A continuació es mostren en format gràfic els resultats extrets.

---

<sup>19</sup> A l'annex es mostra l'algoritme implementat sota el nom de "Comptar\_Polsos"

En primer lloc, es va examinar la corrent cada dos polsos, i en aquesta prova, el resultat ja va ser insatisfactori.

Aquesta intent de millora va fer que el comportament del prototip no fos es desitjat ja que en algunes ocasions no trobava el dispositiu a carregar, encara que la velocitat de desplaçament de les bobines era major.

Així doncs, es va optar per avaluar la corrent a cada pols i fer del prototip un dispositiu més fiable i augmentar la robustesa del seu comportament.

#### Funcionament zero màquina.

La idea principal del zero màquina es situar les bobines carregadores a una posició coneguda, com es el canto del dispositiu on es troba el sensor de final de carrera.

Per a realitzar aquesta tasca, el funcionament es senzill, es desplacen les bobines en direcció cap al sensor de final de carrera, fins que aquest detecta la presència de les bobines. Immediatament es para el moviment de les bobines i el zero màquina es dona per finalitzat.

### 4.5.3.-Funció càrrega del dispositiu.

#### Idea principal.

En aquest cas, el funcionament d'aquesta funció es bastant simple, al detectar que les bobines estan carregant un dispositiu<sup>20</sup> es para el moviment del motor per a deixar estàtic el carregador i que es pugui carregar de manera completa el dispositiu electrònic dipositat sobre la taula.

#### Implementació de la funció.

La implementació s'ha realitzat mitjançant una funció que si la corrent es manté per sobre de 400mA<sup>21</sup>, desactiva el controlador del motor<sup>22</sup> i per tant deixa les bobines carregadores posicionades just per sota del dispositiu, facilitant així la seva carrega.

A continuació, es mostra la funció en concret,

```
void Fun_Carregar() {  
  
    //desactivar controlador motor (escalfament)  
    digitalWrite(ENPin, HIGH);  
  
    while(Fin_carrega==0) {  
        delay(5000);  
        current_mA = ina219.getCurrent_mA();  
  
        if(current_mA < 400) {  
            Fin_carrega = 1;  
            digitalWrite(ENPin, LOW);  
            Fun_ZeroMaquina();  
        }  
    }  
}
```

Fig. 61. Part codi implementat 3.

### 4.5.4.-Funció fi de càrrega dispositiu.

#### Idea principal.

Molt relacionada amb la funció descrita abans, la idea es la detecció del final de carrega del dispositiu o la seva desaparició i que torni al zero màquina per tornar a començar el procés de cerca de dispositiu.

---

<sup>20</sup> La detecció es fa mitjançant el sensor de corrent INA-219 instal·lat al cable d'alimentació de les bobines.

<sup>21</sup> Valor trobat experimental a l'etapa III.

<sup>22</sup> Aquesta desactivació es implementada per evitar sobre escalfament i per reduir el voltatge.



### Implementació de la funció.

La implementació ha estat feta a la mateixa funció per a carregar el dispositiu. En cas que la corrent sigui menor que 400mA, s'habilita el controlador de motor i es fa un zero màquina.

#### 4.5.5.-Connexions realitzades.

A la següent figura es mostren totes les connexions realitzades,

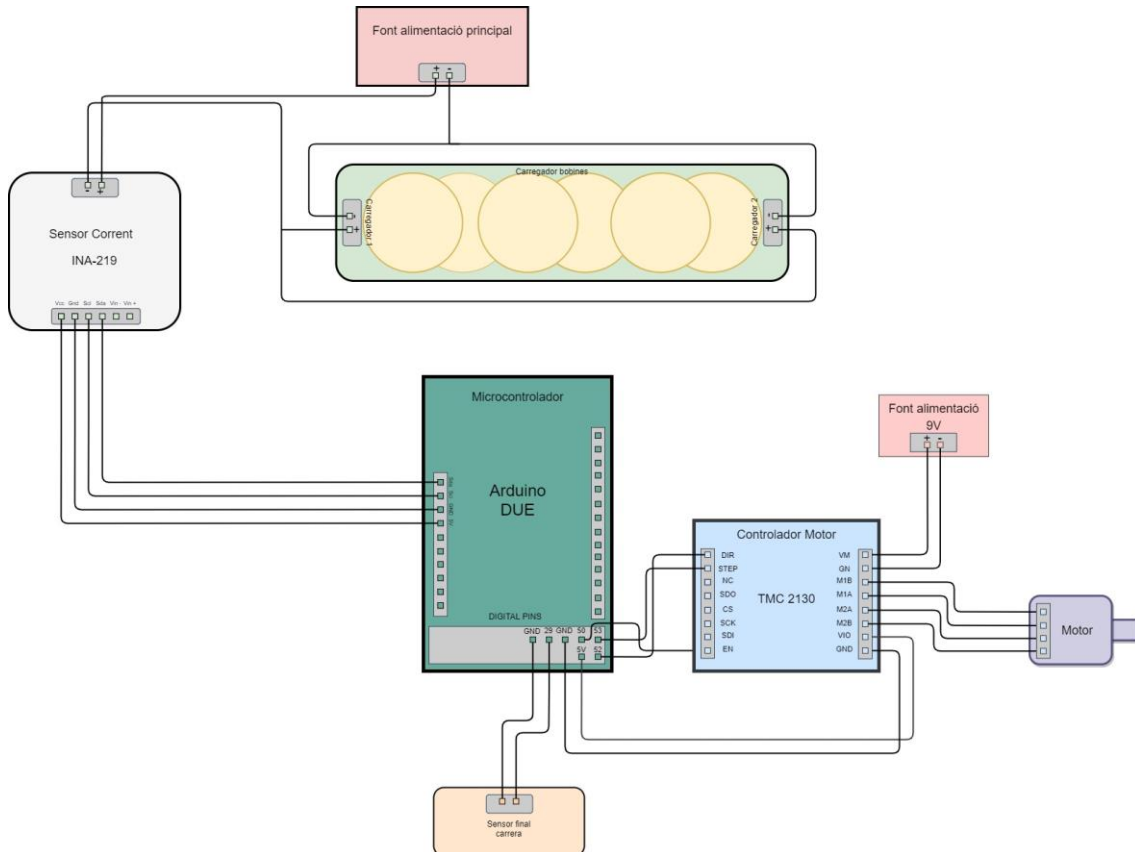


Fig. 62. Connexions realitzades.

Aquestes connexions es poden dividir en tres parts, la part d'alimentació-control del motor, la part d'alimentació-adquisició de dades de les bobines carregadores i la part del sensor de final de carrera.

#### 4.5.6.-Alimentació-Control del motor.

L'alimentació del motor està molt lligada amb el seu control, bàsicament s'envien polsos per a controlar la seva velocitat i direcció. La manera de fer-ho ha estat utilitzant un controlador de motor TMC 2130, el qual rebra les instruccions des del microcontrolador pels pins DIR (direcció) i STEP(pas) i l'hi transmetrà amb un voltatge més elevat al motor per al seu funcionament. També, es pot desconnectar el controlador de motor mitjançant el pin EN.

#### 4.5.7.-Alimentació-Adquisició de dades de les bobines.

Pel que fa la part d'alimentació-adquisició de dades de les bobines, s'ha connectat el sensor de corrent INA-219 al cable d'alimentació d'aquestes. L'alimentació de les bobines s'ha fet en paral·lel. El sensor de corrent es comunica amb el microcontrolador utilitzant I2C terminals SDA, SCL. Esta alimentat a 5V i connectat a la terra del microcontrolador.

#### 4.5.8.-Sensor final de carrera.

S'utilitza un sensor interruptor de contacte per conèixer la posició de les bobines, aquest interruptor esta connectat a GND per un canto i al pin 29 per l'altre, aquest últim pin s'ha configurat com a Pull-Up. Així doncs, al detectar que es tanca el circuit el pin 29 rebrà una senyal en alt que indicarà que el carregador sense fils esta en la posició inicial.

#### 4.5.9.-Llistat de connexions del microcontrolador.

A continuació es mostra una taula resum amb totes les connexions del microcontrolador realitzades,

Dispositiu	Nom	Tipus de comunicació	Pin	Mode	Observacions
Controlador de motor TM C2130	DIR	Digital (0,1)	52	OUTPUT	-
	VIO	-	5V	POWER	-
	GND	-	GND	POWER	-
	STEP	Digital (0,1)	53	OUTPUT	-
	EN	Digital (0,1)	50	OUTPUT	-
Sensor Corrent INA-219	SDA	I2C	SDA1	INPUT	-
	SCL	I2C	SCL1	INPUT	-
	GND	-	GND	POWER	-
	5V	-	5V	POWER	-
Sensor Final Carrera	+	-	GND	POWER	-
	-	Digital (0,1)	29	INPUT	Configuració Pull-Up

Taula 20. Resum connexions microcontrolador.



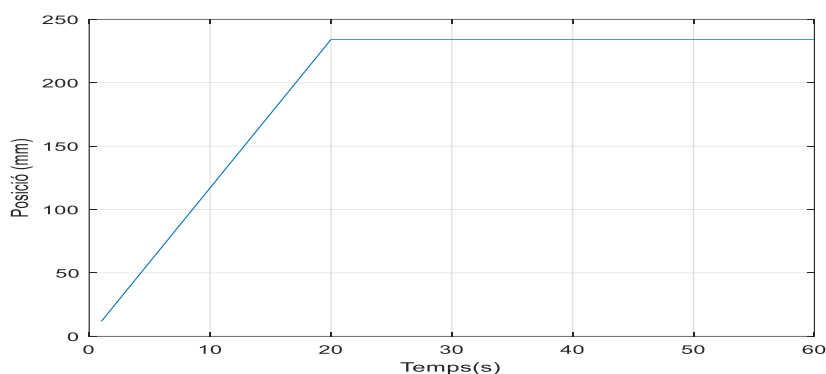
## 5.-Resultats.

En aquest apartat, es mostra el resultat del funcionament del prototip en dos casos que s'ha considerat de vital importància per al bon comportament d'aquest.

### 5.1.-Prova detecció de dispositiu.

En aquest cas, es va depositar un dispositiu damunt del prototip, a una distancia de uns 245mm. Es va enregistrar la posició en mil·límetres en l'eix d'abscisses i el temps en l'eix de les ordenades.

A continuació es mostra el resultat,



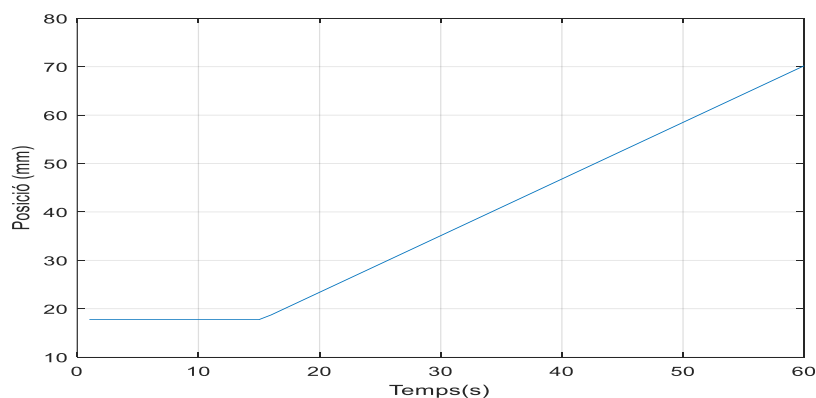
*Fig. 63. Resultat final detecció dispositiu.*

Com es mostra en la figura 67, el prototip detecta perfectament el dispositiu i deté immediatament el moviment de les bobines els 245mm aproximadament.

### 5.2.-Prova detecció retirada dispositiu.

Per a aquesta prova, la metodologia seguida va ser similar, en primer lloc es va deixar que el prototip comences a carregar un dispositiu electrònic, tot seguit es va enregistrar la posició de les bobines en l'eix d'abscisses i el temps en les de coordenades.

A continuació es mostra el resultat,



*Fig. 64. Resultat final detecció retirada dispositiu.*

Com es mostra en la figura 68, el prototip manté les bobines parades fins el segon 15 aproximadament que es quan es retira el dispositiu, en aquest moment, la posició varia degut a que hi ha un desplaçament de les bobines.

### 5.3.-Temps de detecció de dispositiu.

En aquest apartat es discutirà el temps de detecció d'un dispositiu depositat en el prototip per a la seva carrega.

Aquest temps dependrà de en quina part de la superfície del prototip es deixi el dispositiu, si aquest es deixa a la part més allunyada del "zero maquina" el temps de detecció serà major, per altra banda, si el dispositiu es deixa més proper, el temps de detecció disminuirà.

Per a tenir una referencia, es van mesurar el temps total que tarden les bobines en anar duna banda a l'altra. I es va extrapolar el resultat per poder conèixer els temps en qualsevol punt de la taula, ja que, el prototip sempre treballa a la mateixa velocitat. També es va trobar la velocitat a la que es desplacen les bobines.

$$Velocitat\ boines = 1,17cm/s$$

Posició del dispositiu (cm)	Temps (s)
5	4,3
18,5 (1/3)	15,8
27,85 (meitat)	23,5
37	31,61
55	47

*Taula 21. Resum temps de detecció.*

Així doncs, el temps màxim d'espera fins que es detecti el dispositiu serà de 55s, el qual, no es considera exageradament gran tenint en compte que el dispositiu romandrà a la taula durant un període molt més gran de temps.

## 6.-Pressupost prototip.

En aquest apartat es valorarà el cost econòmic de l'elaboració d'aquest prototip i s'exposaran possibles millores en els components per a versions posteriors.

### 6.1.-Cost prototip.

Material	Model	Fabricant	Distribuïdor	Preu (euros)	Quantitat
Controlador motor	TMC 2130	Trinamic	Amazon	9,39	1
Pati	MGNR09H	HIWIN	TECNOPOWER	51 <sup>23</sup>	1
Guia	MGN09HH	HIWIN	TECNOPOWER	18,58	1
Impressió peces 3D	-	UdL	UdL	-	1
Carregador sense fils	SCY-5052-3	JETTING	AliExpress	3,21	2
Microcontrolador	Arduino DUE	Arduino	RS Components	32,59	1
Sensor corrent	INA219	ADAFRUIT	AliExpress	1,66	1
Corretja	GT2 2mm	FULARR	Amazon	8,90	1
Motor pas a pas	NEMA 17	NEMA	AliExpress	7,38	1
Cablejat alimentació bobines	USB-microUSB	LoongGate	Amazon	8,60	2
Sensor final de carrera	SS-5GL	OMRON	Digi-Key	1,89	1
Font d'alimentació motor	12V CA AC	CSL	Amazon	16,85	1
Vidre	-	VITRAL	VITRAL	10	1
Fusta i muntatge	-	Jose Luis	Jose Luis	15	-

Taula 22. Cost prototip.

\*Es pot trobar el link de compra de cada dispositiu mencionat a l'annex.

Total: 196,86

### 6.2.-Cost taula.

Material	Model	Fabricant	Distribuïdor	Preu (euros)	Quantitat
Controlador motor	TMC 2130	Trinamic	Amazon	9,39	3
Guia	MGNR09H	HIWIN	TECNOPOWER	51	3
Pati	MGN09HH	HIWIN	TECNOPOWER	18,58	3
Impressió peces 3D	-	UdL	UdL	-	1
Carregador sense fils	SCY-5052-3	JETTING	AliExpress	3,21	6
Microcontrolador	Arduino DUE	Arduino	RS Components	32,59	1
Sensor corrent	INA219	ADAFRUIT	AliExpress	1,66	3
Corretja	GT2 2mm	FULARR	Amazon	8,90	3
Motor pas a pas	NEMA 17	NEMA	AliExpress	7,38	3
Cablejat alimentació bobines	USB-microUSB	LoongGate	Amazon	8,60	6
Sensor final de carrera	SS-5GL	OMRON	Digi-Key	1,89	3
Font d'alimentació motor	12V CA AC	CSL	Amazon	16,85	3
Vidre	-	VITRAL	VITRAL	10	3
Fusta i muntatge	-	Jose Luis	Jose Luis	15	-

Taula 23. Cost taula.

Total: 495,4

<sup>23</sup> El preu original es de 102,75 euros per a una guia de 1200mm, com que només s'han utilitzat 600mm s'ha ajustat el preu.

## 6.3.-Possibles millores econòmiques posteriors.

Deixant de banda l'aspecte de l'abaratiment de costos en el cas de producció massiva, hi han alguns components del prototip que poden ser substituïts per versions de prestacions similars però preu molt més reduït.

Es el cas de tant la guia com el pati. Els dos son components amb unes prestacions excessivament elevades per a la funció que realitzen en aquest projecte. Han sigut utilitzats degut a que ja es disposava d'ells i s'han pogut reaprofitar. Però en versions futures del prototip, s'utilitzaran guies i patins de cost més reduït.

A més a més, el microprocessador empleat està pensat per a prototips i incorpora multitud de funcions que no s'aprofiten. Es per això que en futures versions, una manera d'abaratir costos seria la utilització d'un microprocessador a mida, per exemple d'arquitectura ARM i tipus Cortex-M, el qual inclou únicament els perifèrics necessaris i en conseqüència sigui més econòmic i de dimensions reduïdes.

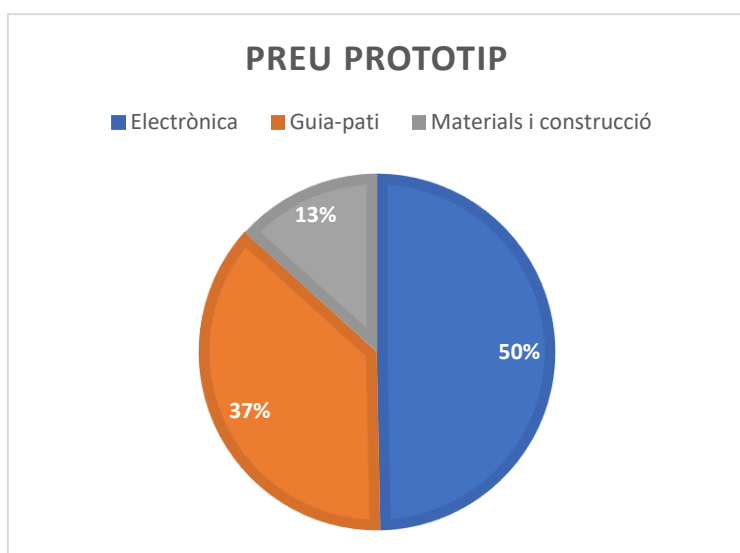


Fig. 65. Gràfic preu prototip.

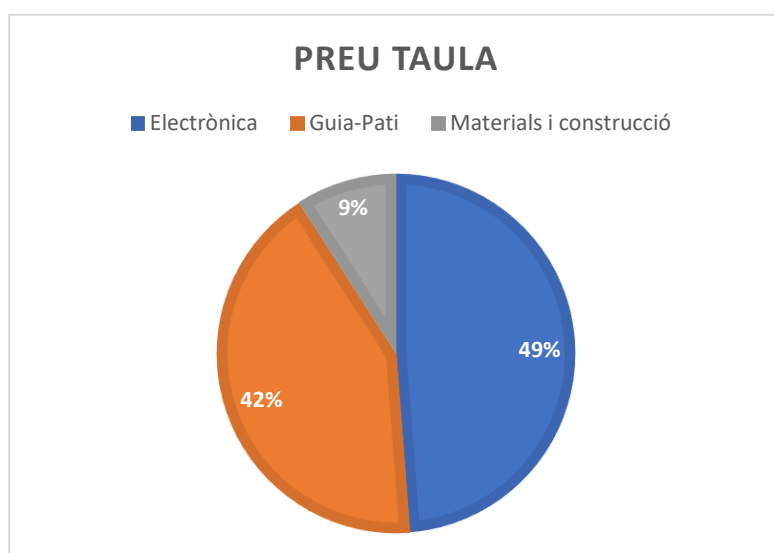


Fig. 66. Gràfic preu taula.

Com es pot observar en les figures anteriors, el conjunt Guia i pati es aproximadament el 50% en els dos casos. Per tant, es pot afirmar que al substituir el conjunt guia-pati per uns més econòmics, el preu de la taula disminuiria considerablement.

## 7.-Observacions.

Durant la fabricació del prototip del mòdul, s'ha observat que els mòduls son quasi be independents entre ells. Això aporta versatilitat al projecte degut a la facilitat en fabricar taules amb diferents prestacions sense haver-lo de modificar significativament.

Dit d'un altra forma, amb la mateixa idea de mòdul, es podrien fabricar taules amb diferents prestacions, variant la disposició d'aquest i el seu número.

A continuació es mostren algunes idees,

### 7.1.-Taula per a x nombre persones.

Es podria fàcilment adaptar una taula que utilitzes una quantitat x de mòduls de càrrega per a poder atendre a tots els dispositius de totes les persones que l'estiguin utilitzant.

D'aquesta manera, a l'hora d'encomanar una taula, es podria elegir entre un nombre il·limitat d'opcions sense que

### 7.2.-Taula amb zones de càrrega definides.

Amb un altre concepte, es podria adaptar una taula per a que només una part d'ella permetés la càrrega sense fils i així abaratir significativament els costos tant de materials com de producció.

## 8.-Conclusions

En aquest projecte es descriu la idea, disseny i fabricació d'una taula de càrrega sense fils.

Referint-se a l'objectiu principal, el qual era el disseny i construcció d'un prototip de taula funcional que carregués sense fil qualsevol dispositiu electrònic depositat en la seva superfície, es pot concloure que s'ha aconseguit amb èxit.

Després de finalitzar totes les etapes del projecte i analitzar els resultats obtinguts mitjançant el prototip, es pot concloure que tots els objectius i subjectius han sigut complerts. Tot i que les possibles millores descrites en apartats anteriors, no s'han pogut implementar per manca de temps.

Amb la idea de en un futur, seguint millorant la taula, a continuació es planteja una millora que, durant l'elaboració d'aquest projecte, s'ha fet evident.

Per a poder tenir control total sobre tot el conjunt d'elements electrònics que formen aquest projecte, seria de gran ajuda realitzar el disseny total dels carregadors sense fils. En aquest projecte, s'han encomanat a una empresa externa i s'han adaptat. Però en futures versions de la taula, seria molt convenient poder triar des d'un principi les qualitats d'aquest carregador, així com les seves dimensions.

## 9.-Referencias.

### 9.1.-Bibliografia.

David K.Cheng, "Fundamentos de electromagnetisme para ingeniería", Pearson Education.

Victoriano López Rodriguez, "Electromagnetismo I", UNED.

### 9.2.-Web grafia.

AdaFruit INA29 Current Sensor Breakout. Referencia per la implementació del sensor INA. [20 Abril] Recuperat de [https://learn.adafruit.com/adafruit-ina219-current-sensor-breakout/wiring?gclid=Cj0KCQjwsqmEBhDiARIsANV8H3YuZybltji2xkqQCmuhlT85H3Ik8OKHqtrPNgdG\\_YYNj-3kCtEjAkaAkm0EALw\\_wcB](https://learn.adafruit.com/adafruit-ina219-current-sensor-breakout/wiring?gclid=Cj0KCQjwsqmEBhDiARIsANV8H3YuZybltji2xkqQCmuhlT85H3Ik8OKHqtrPNgdG_YYNj-3kCtEjAkaAkm0EALw_wcB)

Motores paso a paso en silencio con Arduino y los drivers TMC2100, TMC 2130 Y TMC2208. Referencia per a la implantació del motor pas a pas i controlador. [10 d'Abril]. Recuperat de: <https://www.luisllamas.es/motores-paso-a-paso-en-silencio-con-arduino-y-los-driver-tmc2100-tmc2130-y-tmc2208/>

TMC2100 Product information and Guide. Referencia per a la configuració del controlador de motor.[15 Abril]. Recuperat de: <https://wiki.fysetc.com/TMC2100/>

Medir tensión, intensidad y potencia con Arduino y INA219. Referencia per la implementació del sensor INA. [20 Abril]. Recuperat de: <https://www.luisllamas.es/medir-tension-intensidad-y-potencia-con-arduino-y-ina219/>

GrabCad community. Portal de referencia per l'obtenció de models 3D. [20 d'Abril]. Recuperat de: [https://grabcad.com/library?page=4&softwares=fusion-360&sort=most\\_downloaded](https://grabcad.com/library?page=4&softwares=fusion-360&sort=most_downloaded)

Arduino Reference Guide. Guia de referencia per a la programació amb Arduino. [20 d'abril]. Recuperat de: <https://www.arduino.cc/reference/es/>

Matlab Reference Guide. Guia de referencia per a la programació amb Matlab. [20 d'abril]. Recuperat de: <https://es.mathworks.com/help/matlab/>

Visual Studio Reference Guide. Guia de referencia per a la programació amb Visual Studio [20 d'Abril] Recuperat de: <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/windows/?view=vs-2019>

GitHub INA219 I2C Current Monitor Library. Repositori de la llibreria per utilitzar el sensor INA219. [20 d'abril] Recuperat de: <https://github.com/flav1972/ArduinoINA219>

### 9.3.-Pàgines Web.

Descarrega gratuïta d'Arduino en aquest enllaç [20 d'Abril]:  
<https://www.arduino.cc/en/software>

Descarrega gratuïta Matlab versió estudiant [20 d'Abril]:  
<https://es.mathworks.com/products/matlab/student.html>

Descarrega gratuïta de Visual Studio en aquest enllaç [20 d'Abril]

<https://visualstudio.microsoft.com/es/downloads/>

Distribuïdor online de components electrònics en el següent enllaç [20 d'abril]

<https://es.rs-online.com/web/>

Distribuïdor online de tota mena de productes en el següent enllaç [20 d'abril]

[https://www.amazon.es/primeday?ref=gbpp\\_itr\\_s-4\\_e948\\_TDALLD&encoding=UTF8](https://www.amazon.es/primeday?ref=gbpp_itr_s-4_e948_TDALLD&encoding=UTF8)

Distribuïdor online de tota mena de productes en el següent enllaç [20 d'abril]

[https://es.aliexpress.com/?gclid=Cj0KCQjw\\_dWGBhDAARIsAMcYuJwEDA-EFAcCpg3nIbj6fIWDFgPHctd\\_w58Lr5ajuODkp1IKbzCq8ylaAr2AEALw\\_wcB](https://es.aliexpress.com/?gclid=Cj0KCQjw_dWGBhDAARIsAMcYuJwEDA-EFAcCpg3nIbj6fIWDFgPHctd_w58Lr5ajuODkp1IKbzCq8ylaAr2AEALw_wcB)

Distribuïdor online de components electrònics en el següent enllaç [20 d'abril]

[https://www.digikey.es/?utm\\_adgroup=General&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=ES\\_Brand\\_General\\_E&utm\\_term=digi%20key%20electronics&productid=&gclid=Cj0KCQjw\\_dWGBhDAARIsAMcYuJwJgZvfPERXljnHOIBTPLNZTv0nOdY4mcEpdRDcMOKWxmOEZc0TySEaAjoMEALw\\_wcB](https://www.digikey.es/?utm_adgroup=General&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ES_Brand_General_E&utm_term=digi%20key%20electronics&productid=&gclid=Cj0KCQjw_dWGBhDAARIsAMcYuJwJgZvfPERXljnHOIBTPLNZTv0nOdY4mcEpdRDcMOKWxmOEZc0TySEaAjoMEALw_wcB)

Distribuïdor online de vidres en el següent enllaç [20 d'abril]

<https://vitral.es/>

Distribuïdor online de components de transmissió mecànica en el següent enllaç [20 d'abril]

<https://www.tecnopower.es/>



# 10.-Annex

## 10.1.-Data sheet dels components seleccionats.

1. Microprocessador.  
<https://store.arduino.cc/arduino-due>
2. Motor pas a pas.  
<http://motechmotor.com/productDetail-0104-115.html>
3. Sensor de corrent  
<https://www.ti.com/store/ti/en/p/product/?p=INA286AID>  
<https://learn.adafruit.com/adafruit-ina219-current-sensor-breakout/downloads>
4. Controlador motor.  
[https://www.trinamic.com/fileadmin/assets/Products/ICs\\_Documents/TMC2100\\_datasheet\\_Rev1.08.pdf](https://www.trinamic.com/fileadmin/assets/Products/ICs_Documents/TMC2100_datasheet_Rev1.08.pdf)
5. Sensor final de Carrera.  
[https://omronfs.omron.com/en\\_US/ecb/products/pdf/en-ss.pdf](https://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-ss.pdf)

## 10.2.-Codis implementats.

1. Codi Arduino Exemple control motor pas a pas: Prova\_Motor1.

```
//Pins control placa.
const int DIRPin = 52; //Direcció.
const int STEPPin = 53; //Moure.
const int ENPin = 50; //Habilitar placa.

//Seyal detecció telèfon.
const int Senyal = A1;

//Final de carrera.
const int BI = 51;

//Definir Velocitat
int Velocitat = 100;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while(!Serial){}

  //Definició pins.
  pinMode(DIRPin,OUTPUT);
  pinMode(STEPPin,OUTPUT);
  pinMode(ENPin,OUTPUT);
  pinMode(Senyal,INPUT_PULLUP);
  pinMode(BI,INPUT_PULLUP);
}

void loop()
{
  int Valor = digitalRead(Senyal);
  int D1 = digitalRead(BI);
```

```
if (Valor == 0 & D1 == 0)
{
  digitalWrite(ENPin, LOW); //Habilitar la placa.

  digitalWrite(DIRPin,HIGH); //Sentit horari.

  digitalWrite(STEPPin,HIGH);
  delayMicroseconds(Velocitat);
  digitalWrite(STEPPin,LOW);
  delayMicroseconds(Velocitat);
}

else if (Valor ==0 & D1 == 1)
{
  digitalWrite(ENPin, LOW); //Habilitar la placa.

  digitalWrite(DIRPin,LOW); //S. antihorari

  digitalWrite(STEPPin,HIGH);
  delayMicroseconds(Velocitat);
  digitalWrite(STEPPin,LOW);
  delayMicroseconds(Velocitat);
}

else if (Valor == 1)
{
  digitalWrite(ENPin, HIGH);
}
}
```

## 2. Codi Arduino exemple control sensor de corrent: Codi\_Tester\_1.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

Adafruit_INA219 ina219;

void setup(void)
{
    Serial.begin(115200);
    uint32_t currentFrequency;

    // Iniciar el INA219
    ina219.begin();

    Serial.println("INA Iniciat");
}

void loop(void)
{
    float shuntvoltage = 0;
    float busvoltage = 0;
    float current_mA = 0;
    float loadvoltage = 0;
    float power_mW = 0;
```

```
// Obtenir Mesures.
shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
power_mW = ina219.getPower_mW();
loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);

// Mostrar Mesures.
Serial.print("Load Voltage: ");
Serial.print(loadvoltage);
Serial.println(" V");
Serial.print("Corriente: ");
Serial.print(current_mA);
Serial.println(" mA");

delay(2000);
}
```

## 3. Codi Visual Studio enregistrament dades: Guardar Dades Arduino.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.IO;
using System.IO.Ports;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
```

```
namespace Guardar_dades_Arduino
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            InitPorts();
            System.Globalization.CultureInfo customCulture =
            (System.Globalization.CultureInfo)System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.Clone();
            customCulture.NumberFormat.NumberDecimalSeparator = ".";
            System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture = customCulture;
        }
    }
}
```

```

string data;
StreamWriter fichero;
double current;
int record;
double temps;

private void InitPorts()
{
    string[] Ports = SerialPort.GetPortNames();
    comboBox1.Items.Clear();
    for (int i = 0; i < Ports.Length; i++)
    {
        comboBox1.Items.Add(Ports[i]);
    }
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (serialPort1.IsOpen)
    {
        serialPort1.Close();
        button1.Text = "Connect";
    }
    else
    {
        serialPort1.Open();
        button1.Text = "Disconnect";
    }
}

private void serialPort1_DataReceived(object sender, SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    Invoke(new EventHandler(GetSerialDataFromArduino));
}

private void GetSerialDataFromArduino(object sender, EventArgs e)
{
    if (serialPort1.IsOpen)
    {
        string[] Datos = null;
        try
        {
            data = serialPort1.ReadLine();

            Datos = data.Split(' ');

            current = Convert.ToDouble(Datos[0]);
            temps = Convert.ToDouble(Datos[1]);

            if (record == 1) fichero.WriteLine(current+ " " + temps);
        }
        catch { };
    }
}

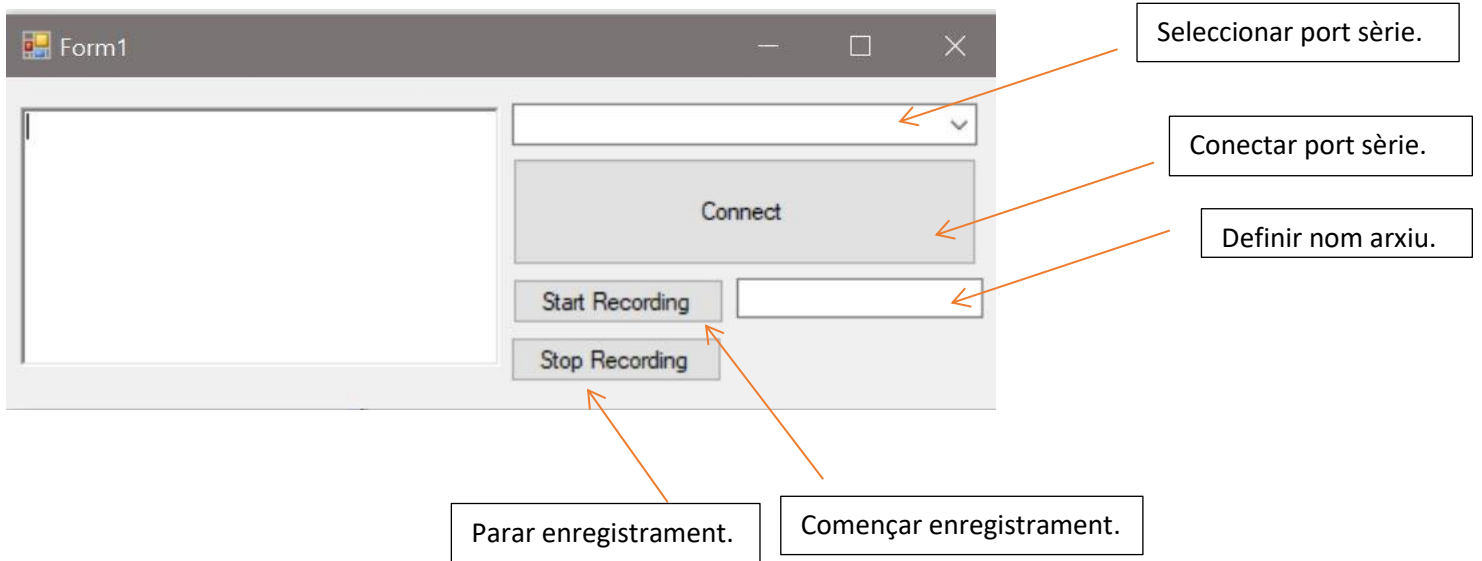
private void comboBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
{
    serialPort1.PortName = comboBox1.Text;
    button1.Enabled = true;
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    record = 0;
    fichero.Close();
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    fichero = new StreamWriter(textBox1.Text + ".txt");
    record = 1;
}

```

### Interfície visual dissenyada.



#### 4. Codi Matlab llegir arxius de text: Tractament\_Dades.

```
%Introduir nom del arxiu per obrir.  
fileID = fopen('cfinal.carregant.txt','r');  
  
formatSpec = '%f';  
sizeA = [2 Inf];  
A = fscanf(fileID,formatSpec,sizeA);  
  
Current = A (1,:);  
Temps = A(2,:)/1000;  
  
Temps = Temps - Temps(1);  
  
plot(Temps,Current);  
  
grid ON;  
ylabel("Corrent (mA)");  
xlabel("Temps (s)");
```

## Codi Arduino: Comptar\_Polsos.

```
//-----  
//Comptar_Polsos  
//-----  
  
//Pins control placa.  
const int DIRPin = 52; //Direcció.  
const int STEPPin = 53; //Moure.  
const int ENPin = 50; //Habilitar placa.  
  
//Final de carrera.  
const int Sensor_Final_Carrera = 29;  
  
//Comptador de polsos.  
int i = 0;  
  
//Definir velocitat.  
int Velocitat = 50;  
  
//Variable direcció.  
int Direccio;  
  
void setup()  
{  
  //Inicialitzar Serial Port.  
  Serial.begin(9600);  
  while(!Serial){}  
  
  //Definició pins.  
  pinMode(DIRPin, OUTPUT);  
  pinMode(STEPPin, OUTPUT);  
  pinMode(ENPin, OUTPUT);  
  pinMode(Sensor_Final_Carrera, INPUT_PULL  
UP);  
  
  //Habilitar placa controlador.  
  digitalWrite(ENPin, LOW);  
  
  //Anar a buscar sensor final de  
carrera.  
  digitalWrite(DIRPin, HIGH);  
  Direccio = 1;  
}
```

```
void loop()  
{  
  int F_carrera =  
digitalRead(Sensor_Final_Carrera);  
  
  if (F_carrera == 1)  
  {  
    digitalWrite(DIRPin, LOW);  
    Direccio = 0; // va cap a la dreta  
  
    digitalWrite(STEPPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(Velocitat);  
    digitalWrite(STEPPin, LOW);  
    delayMicroseconds(Velocitat);  
  }  
  
  switch(Direccio){  
  
    case 1://va cap a l'esquerra  
    F_carrera =  
digitalRead(Sensor_Final_Carrera);  
    if (F_carrera != 1)  
    {  
      digitalWrite(STEPPin, HIGH);  
      delayMicroseconds(Velocitat);  
      digitalWrite(STEPPin, LOW);  
      delayMicroseconds(Velocitat);  
    }  
    break;  
  
    case 0://va cap a la dreta  
    digitalWrite(STEPPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(Velocitat);  
    digitalWrite(STEPPin, LOW);  
    delayMicroseconds(Velocitat);  
    i = i+1; //Variable global que anira  
augmentat.  
    break;  
  }  
}
```

## 10.3.-Annex pressupost.

### Sensor de intensitat INA219

[https://es.aliexpress.com/item/1005001621733824.html?acnt=439-079-4345&aff\\_platform=aaf&ds\\_e\\_device=c&albc=11505901136&ds\\_e\\_product\\_id=es1005001621733824&ds\\_url\\_v=2&ds\\_dest\\_url=https%3A%2F%2Fs.click.aliexpress.com%2Fdeep\\_link.htm%3Faff\\_short\\_key%3DUneMJZVf&ds\\_e\\_product\\_group\\_id=743612850874&pvid=8390150c-855c-4fbf-9c47-ad7cdcbbe8b1&sk=UneMJZVf&scm=1007.23534.123999.0&ds\\_e\\_adid=476171223963&terminal\\_id=d47f6d74b3284ba3a9ele448a205d051&needSmbHouyi=false&albbt=Google\\_7\\_shopping&ds\\_e\\_product\\_channel=online&src=google&ds\\_e\\_product\\_country=ES&aff\\_fcid=1066a1b50b664a46b4e305fff4349d7b-1624011497301-03843-UnaMJZVf&gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgg3q\\_qOhaPn0\\_WnUJk8LyGE\\_45bN4wLNooohE8z-36Kx4ZrIyOuVL49g6BoC8NMQAvD\\_BwE&albag=115252975111&aff\\_fsk=UneMJZVf&albbch=shopping&ds\\_e\\_network=u&albagn=888888&ds\\_e\\_product\\_language=es&isSmbAutoCall=false&ds\\_e\\_product\\_merchant\\_id=107859049&aff\\_trace\\_key=1066a1b50b664a46b4e305fff4349d7b-1624011497301-03843-UnaMJZVf&rmsg=do\\_not\\_replacement&gclsrc=aw.ds](https://es.aliexpress.com/item/1005001621733824.html?acnt=439-079-4345&aff_platform=aaf&ds_e_device=c&albc=11505901136&ds_e_product_id=es1005001621733824&ds_url_v=2&ds_dest_url=https%3A%2F%2Fs.click.aliexpress.com%2Fdeep_link.htm%3Faff_short_key%3DUneMJZVf&ds_e_product_group_id=743612850874&pvid=8390150c-855c-4fbf-9c47-ad7cdcbbe8b1&sk=UneMJZVf&scm=1007.23534.123999.0&ds_e_adid=476171223963&terminal_id=d47f6d74b3284ba3a9ele448a205d051&needSmbHouyi=false&albbt=Google_7_shopping&ds_e_product_channel=online&src=google&ds_e_product_country=ES&aff_fcid=1066a1b50b664a46b4e305fff4349d7b-1624011497301-03843-UnaMJZVf&gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgg3q_qOhaPn0_WnUJk8LyGE_45bN4wLNooohE8z-36Kx4ZrIyOuVL49g6BoC8NMQAvD_BwE&albag=115252975111&aff_fsk=UneMJZVf&albbch=shopping&ds_e_network=u&albagn=888888&ds_e_product_language=es&isSmbAutoCall=false&ds_e_product_merchant_id=107859049&aff_trace_key=1066a1b50b664a46b4e305fff4349d7b-1624011497301-03843-UnaMJZVf&rmsg=do_not_replacement&gclsrc=aw.ds)

### Microcontrolador Arduino Due.

[https://es.rs-online.com/web/p/arduino/8474888/?cm\\_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS\\_ES\\_ES\\_Raspberry\\_Pi\\_%26\\_Arduino\\_y\\_M%C3%B3dulos\\_de\\_Desarrollo\\_Whoop--\(ES:Whoop!\)+Arduino--8474888&matchtype=&pla-530867902487&gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgg3q\\_qEkr32gIJOUMQbhNySfj6UU2Ht4WtxZMH7GlBT8mB9iZiN3BlF46RoC7pwQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://es.rs-online.com/web/p/arduino/8474888/?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Raspberry_Pi_%26_Arduino_y_M%C3%B3dulos_de_Desarrollo_Whoop--(ES:Whoop!)+Arduino--8474888&matchtype=&pla-530867902487&gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgg3q_qEkr32gIJOUMQbhNySfj6UU2Ht4WtxZMH7GlBT8mB9iZiN3BlF46RoC7pwQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)

### Controlador de motor TMC2130

[https://www.amazon.es/TMC2130-Stepper-disipador-Printer-Replacement/dp/B07D9LMJ2D/ref=asc\\_df\\_B07D9LMJ2D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=520770705536&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16471776150750347962&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005471&hvtargid=pla-564435859341&psc=1](https://www.amazon.es/TMC2130-Stepper-disipador-Printer-Replacement/dp/B07D9LMJ2D/ref=asc_df_B07D9LMJ2D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=520770705536&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16471776150750347962&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005471&hvtargid=pla-564435859341&psc=1)

### Corretja dentada

[https://www.amazon.es/Profesional-20-Dientes-Aluminio-Sincronizaci%C3%B3n-Impresora/dp/B07P61DT2M/ref=asc\\_df\\_B07P61DT2M/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=348220466071&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=10168609966775268224&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005471&hvtargid=pla-672011834571&psc=1](https://www.amazon.es/Profesional-20-Dientes-Aluminio-Sincronizaci%C3%B3n-Impresora/dp/B07P61DT2M/ref=asc_df_B07P61DT2M/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=348220466071&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=10168609966775268224&hvpone=&hvptwo=&hvgmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005471&hvtargid=pla-672011834571&psc=1)

### Sensor final de carrera

[https://www.digikey.es/product-detail/es/omron-electronics-inc-emc-div/SS-5GL/SW986-ND/272367?utm\\_adgroup=Snap%20Action%2C%20Limit%20Switches&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=Shopping\\_Product\\_Switches&utm\\_term=&productid=272367&gclid=CjwKCAjw8cCGBhB6EiwAgOReylTYpovqFrKCUTWTmzLNgelYIloLH414mqtY9ObjI5uuAYF7MJz-xoCd1MQAvD\\_BwE](https://www.digikey.es/product-detail/es/omron-electronics-inc-emc-div/SS-5GL/SW986-ND/272367?utm_adgroup=Snap%20Action%2C%20Limit%20Switches&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Shopping_Product_Switches&utm_term=&productid=272367&gclid=CjwKCAjw8cCGBhB6EiwAgOReylTYpovqFrKCUTWTmzLNgelYIloLH414mqtY9ObjI5uuAYF7MJz-xoCd1MQAvD_BwE)

**Sensor final de carrera.**

[https://www.amazon.es/gp/product/B07DC4B1G3/ref=ppx\\_yo\\_dt\\_b\\_asin\\_title\\_o08\\_s00?ie=UTF8&psc=1](https://www.amazon.es/gp/product/B07DC4B1G3/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o08_s00?ie=UTF8&psc=1)

**Font alimentació**

[https://www.amazon.es/CSL-alimentaci%C3%B3n-universal-conectores-adaptador/dp/B00P2GF6J2/ref=sr\\_1\\_7?mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=fuente+alimentacion+universal+9+conectores+adaptadorviaje%C3%A7&psr=PDAY&qid=1624270117&s=prime-day&sr=1-7](https://www.amazon.es/CSL-alimentaci%C3%B3n-universal-conectores-adaptador/dp/B00P2GF6J2/ref=sr_1_7?mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=fuente+alimentacion+universal+9+conectores+adaptadorviaje%C3%A7&psr=PDAY&qid=1624270117&s=prime-day&sr=1-7)

**Motor pas a pas**

[https://es.aliexpress.com/item/4000348363075.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1fcb707bwcG2x4&aem\\_p4p\\_detail=202106210315474911302234754400034938069](https://es.aliexpress.com/item/4000348363075.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1fcb707bwcG2x4&aem_p4p_detail=202106210315474911302234754400034938069)